



## Edição Especial

X Encontro Paranaense de Modelagem na Educação Matemática  
Universidade Estadual do Norte do Paraná - Cornélio Procópio (PR), 2024

# A MODELAGEM MATEMÁTICA COMO VEÍCULO PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

*MATHEMATICAL MODELLING AS A VEHICLE FOR ENVIRONMENTAL  
EDUCATION*

Bianca de Oliveira Martins<sup>1</sup>  
Maria Eduarda Diniz Ferreira<sup>2</sup>

### **Resumo**

A modelagem matemática como alternativa pedagógica permite a abordagem de problemas reais em sala de aula, e pode possibilitar a formação integral dos estudantes ao tratar de temáticas transversais, como a educação ambiental. Essa potencialidade decorre da investigação de situações-problema abertas que permitem o acesso a debates, discussões e investigações por meio da matemática. Neste contexto, este artigo tem como objetivo investigar princípios da Educação Ambiental no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática. Dados foram coletados com 07 estudantes de um curso de Licenciatura em Matemática ao aprender sobre Modelagem Matemática. Registros de duas atividades de modelagem (1) projeção da quantidade de lixo coletado no Estado do Paraná para 2040, e (2) estimativa do tempo de permanência de vestígios da civilização humana no planeta compõe o corpus de análise. Resultados indicam uma articulação entre a modelagem matemática e a Educação Ambiental no contexto da formação inicial de professores de Matemática, evidenciam que a modelagem matemática favoreceu debates críticos sobre consumo, sustentabilidade, extinção e impactos ambientais no âmbito de uma formação que se compromete com princípios de participação e cidadania, valorização da diversidade e sustentabilidade, proporcionando uma formação crítica.

<sup>1</sup> Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina. Professora adjunta no Colegiado de Matemática da Universidade Estadual do Norte do Paraná.

<sup>2</sup> Mestranda no Programa de Pós-graduação em Ensino da Universidade Estadual do Norte do Paraná campus Cornélio Procópio.



**Palavras-chave:** Modelagem Matemática; Educação Ambiental; Formação para a vida.

### **Abstract**

Mathematical modeling as a pedagogical alternative enables the approach of real-world problems in the classroom and can contribute to the holistic education of students by addressing cross-cutting themes such as environmental education. This potential arises from the investigation of open problem situations that allow access to debates, discussions, and inquiries through mathematics. In this context, this paper aims to investigate principles of Environmental Education in the development of mathematical modeling activities. Data were collected from seven students in a Mathematics Teacher Education program as they learned about Mathematical Modeling. Records of two modeling activities – (1) projecting the amount of waste collected in the state of Paraná for the year 2040, and (2) estimating the persistence time of traces of human civilization on the planet – compose the corpus of analysis. The results indicate an articulation between mathematical modeling and Environmental Education within the context of initial mathematics teacher training, showing that mathematical modeling fostered critical debates on consumption, sustainability, extinction, and environmental impacts as part of an education committed to principles of participation and citizenship, appreciation of diversity, and sustainability, thus promoting a critical educational experience.

**Keywords:** Mathematical Modeling; Environmental Education; Preparation for life.

### **Introdução**

No decorrer dos tempos com os avanços tecnológicos, a matemática tornou-se essencial na sociedade devido as necessidades diárias recorrentes em vários ramos como: economia, finanças, saúde, engenharia, entre outras áreas. Com isso, espera-se que a valorização do estudo e compreensão da matemática aumentem consideravelmente. E, como desdobramento, este cenário pode influenciar na educação escolar, visto que os conteúdos abordados podem ser contextualizados, invocando os fatos e acontecimentos diários diretamente ligados as suas operações (Cunha, 2017).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) indica o uso da matemática para resolver situações reais, desenvolvendo competências como raciocinar, representar e argumentar, aplicando conceitos em contextos do dia a dia, buscando a compreensão e a atuação crítica no mundo, indo além do cálculo para a interpretação e solução de desafios contemporâneos (Brasil, 2018). O documento destaca que a matemática pode ser usada para analisar problemas socioambientais, desenvolver o pensamento crítico e promover a sustentabilidade por meio de situações reais, como cálculos de

consumo, estatísticas de resíduos e projeções de impacto ambiental. E reforça, ainda, que a matemática deve contribuir para a responsabilidade social e ambiental, ajudando os estudantes a interpretarem dados e tomar decisões conscientes (Brasil, 2018).

Esses contextos podem orientar o professor ao uso de alternativas à abordagem tradicional para o ensino de matemática, como a modelagem matemática. As experiências com modelagem são relevantes, pois possuem valor pedagógico e permitem ao aluno conhecer aplicações da matemática em diferentes situações (Pollak, 2012). Conforme afirma Bassanezi (2002, p.16), a modelagem matemática “[...] consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”. Sua fundamentação está no processo de construção de um modelo matemático, que permite e investigação de uma situação-problema inicial por meio de conceitos matemáticos, com simplificações eventualmente necessárias. Em outras palavras, o objetivo do modelo matemático é compreender, analisar e estudar um problema, descrevendo-o por meio da linguagem matemática.

As escolhas realizadas pelos alunos quando estão lidando com a situação-problema estão, geralmente, ancoradas “em suas experiências anteriores, seja em suas experiências com os conceitos e ferramentas da matemática, seja em suas experiências com práticas de modelagem” (Almeida, 2018, p. 28), bem como nos conhecimentos extramatemáticos, pois são estes que guiam a interpretação da situação real, a escolha das variáveis, a simplificação do problema, a construção do modelo matemático e a validação dos resultados, conectando a matemática com a realidade, permitindo que o modelo faça sentido e seja útil para investigação da situação real sob estudo.

No cenário educacional, a modelagem matemática pode entrar em cena como um veículo, em que é usada para ensinar matemática por meio de problemas reais, funcionando como uma ponte entre a realidade e os conceitos matemáticos, ou ainda, como conteúdo, em que a própria modelagem é ensinada como um tema específico, em que os alunos aprendem etapas, métodos e técnicas de construção de modelos matemáticos (Galbraith, 2012).

Essas finalidades da modelagem podem estar presentes na formação do futuro professor, em particular o uso da modelagem matemática como veículo para o

ensino de matemática ou de componentes curriculares que devem ser pauta do ensino e aprendizagem em cursos de formação inicial, por exemplo.

Neste artigo, as atividades analisadas advêm do contexto de uma disciplina de Modelagem Matemática na Educação Matemática de um Curso de Licenciatura em Matemática de uma universidade pública do Estado do Paraná, cujo tema transversal Educação Ambiental está vinculado a ementa da disciplina.

O tratamento da Educação Ambiental por meio de atividades de modelagem matemática pode ser vinculado às assertivas de autores como Meyer (2020, p.147) que destaca que “A Matemática da escola tem que ser uma ‘ferramenta’ útil para se poder ver o mundo – a sociedade e a natureza – de modo a poder comprehendê-lo e, até, para poder modificar nossas realidades para algo melhor”.

Neste contexto, o objetivo deste artigo é investigar princípios da Educação Ambiental no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática<sup>3</sup>. O artigo está estruturado de modo a abordar, primeiramente, os aspectos teóricos relacionados à Modelagem Matemática e à Educação Ambiental. Na sequência, são descritos os procedimentos metodológicos adotados, seguidos da análise dos dados obtidos e da discussão dos resultados. Por fim, apresentam-se as considerações finais, que evidenciam as potencialidades, limitações e perspectivas futuras da pesquisa.

## **Modelagem Matemática na Educação Matemática**

A presença da Modelagem Matemática na Educação Matemática se dá nos mais variados contextos, permeando diferentes níveis de escolaridade, dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental ao Ensino Superior (Almeida, Silva e Vertuan, 2012; Martins, 2020; Sousa e Tortola, 2021, entre outros).

Entende-se que o fazer modelagem parte de uma situação inicial, não essencialmente matemática e se configura por meio da definição de um problema a ser investigado, de ações e procedimentos que são necessários para resolução e validação de modelos matemáticos que permitem investigar essa situação inicial. Uma atividade de modelagem matemática pode ser descrita por meio de fases, caracterizadas por Almeida, Silva e Vertuan (2012) como: Inteiração - nesta fase

---

<sup>3</sup> Este texto apresenta uma versão aprimorada do artigo originalmente submetido e apresentado no X Encontro Paranaense de Modelagem na Educação Matemática (X EP MEM).

realiza-se o levantamento das informações que envolvem a situação inicial, contribuindo para a análise das variáveis que comporão o modelo; Matematização - corresponde ao momento em que se buscam os conceitos matemáticos capazes de auxiliar na interpretação da situação-problema e de seus dados, oferecendo ferramentas para transformar a questão em um contexto matemático; Resolução - em que busca-se obter um modelo matemático que permita fazer inferências e responder a situação-problema inicial, é a fase em que realizam-se diferentes testes, com liberdade para encontrar a melhor representação da solução (caso os resultados não estejam de acordo com o esperado, há a possibilidade de retornar às fases anteriores e adotar uma nova estratégia para tratar o problema); e, Interpretação de resultados e validação – fase em que se testa, avalia, e analisa-se a resolução obtida à luz da problemática inicial, permitindo atribuir significados aos resultados e verificar se o modelo pode ser considerado eficaz.

É por meio do processo investigativo possível através do engajamento com atividades de modelagem matemática que é possível avaliar a consistência de modelos matemáticos para resolver problemas reais, validando-os como solução para a situação inicial, bem como promovendo uma reflexão crítica sobre o problema.

Ao realizar atividades de modelagem matemática, percebe-se que as fases não seguem uma sequência linear, não sendo necessário obedecer à ordem previamente descrita. Cada fase pode ocorrer de forma acrônica, o que torna o processo interativo e flexível, permitindo sua avaliação e reavaliação conforme melhor se ajuste à construção do modelo matemático. Dessa maneira, abre-se espaço tanto para a resolução quanto para a reflexão sobre o problema em estudo.

A modelagem matemática tem um potencial formativo que possui um alcance capaz de promover discussões sobre questões que vão além da matemática, permitindo avaliar, criticar e aprofundar o olhar sobre a realidade investigada, inclusive em aspectos que não se mostram de imediato. Em outras palavras, a formação proporcionada pela modelagem transcende os elementos estritamente mensuráveis (Martins, 2024).

Neste sentido, alinhava-se neste artigo práticas de modelagem matemática associadas à Educação Ambiental.

## Educação Ambiental

No Brasil, a Educação Ambiental é respaldada por um amplo conjunto de legislações, diretrizes e políticas públicas que a estabelecem como um direito universal e uma obrigação do Estado. Esse arcabouço normativo assegura a inserção da temática ambiental em todos os níveis de ensino e reforça seu caráter transversal, participativo e contínuo.

De acordo com o Conselho Nacional de Educação (CNE), a Educação Ambiental é entendida como um processo permanente e essencial da educação brasileira. De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, ela busca formar valores, conhecimentos, habilidades e atitudes voltadas para a preservação do meio ambiente, a sustentabilidade e a qualidade de vida (Brasil, 2012).

Os parâmetros curriculares vigentes, complementam a argumentação sobre a relevância da Educação Ambiental e busca inseri-la em sala de aula de modo que as práticas de ensino possam contribuir para que os estudantes reconheçam que os problemas ambientais estão ligados às práticas sociais, econômicas e culturais. E, ainda, que a Educação de modo geral incentive o envolvimento ativo da comunidade na busca de soluções e na tomada de decisões para um mundo melhor.

Com base nos princípios de sustentabilidade, a Educação Ambiental foi formalmente instituída no Brasil em 1973, com a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (Sema). Essa iniciativa visava orientar as práticas sociais em direção a uma ética ecológica, com o intuito de assegurar condições de vida adequadas para as gerações futuras. Posteriormente, a Lei nº 9.795/1999 (Política Nacional de Educação Ambiental – PNEA), define a educação ambiental como componente essencial e permanente da Educação nacional e estabelece princípios como a transversalidade, a participação social e a formação crítica e as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (Resolução CNE nº 2/2012). Este último documento regulamenta a inserção da Educação Ambiental nos currículos escolares brasileiros, reforçando princípios como a interdisciplinaridade e a valorização da diversidade cultural e ambiental.

No contexto internacional, a Carta de Belgrado (1975), elaborada em um seminário internacional da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) e do PNUMA (Programa das Nações Unidas para o

Meio Ambiente), traz a ideia de uma Educação Ambiental voltada para a consciência planetária, a participação cidadã e a mudança de valores.

A Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, realizada em Tbilisi no ano de 1977, consolidou diretrizes fundamentais para a Educação Ambiental. Entre elas, destaca-se a compreensão da Educação Ambiental como um processo contínuo, dinâmico e integrador, por meio do qual indivíduos e coletividades desenvolvem a consciência crítica acerca do meio ambiente. Esse processo envolve a aquisição de conhecimentos, habilidades e atitudes que capacitam a sociedade a enfrentar e propor soluções para os desafios ambientais, promovendo, assim, uma atuação responsável e transformadora diante das questões ecológicas contemporâneas (Silva; Bezerra, 2016).

Portanto, por meio dos documentos reguladores (Brasil, 2012) definimos alguns princípios da Educação Ambiental: *participação e cidadania*, em que se visa o incentivo ao envolvimento ativo na comunidade na busca de soluções e na tomada de decisões; *valorização da diversidade*, que respeita e incorpora diferentes culturas, saberes e prática relacionadas ao meio ambiente; *sustentabilidade*, que promove atitudes e valores voltados para o uso responsável dos recursos naturais e para a preservação da vida; e *formação crítica*, que estimula reflexões sobre consumo, desenvolvimento e impactos ambientais, formando cidadãos conscientes.

É neste cenário que a Educação Ambiental promove a abordagem real possível de investigação por meio de atividades de modelagem matemática.

### **Modelagem Matemática e a Educação Ambiental**

A matemática é utilizada para fins não matemáticos em uma variedade de contextos cotidianos, profissionais, sociais, acadêmicos e científicos. Esse uso ocorre por meio da construção ou aplicação, explícita ou implícita, de modelos matemáticos (Niss; Højgaard, 2019). Nesse sentido, a modelagem matemática pode representar uma possibilidade concreta de compreender o mundo.

Segundo Lacerda et al. (2023), a conexão entre a modelagem matemática e a Educação Ambiental pode trazer resultados positivos para o processo educacional, além de favorecer o desenvolvimento da consciência ambiental e a busca por soluções para os desafios ambientais. Em levantamento realizado pelos autores, foram identificadas três categorias que evidenciam o modo como a modelagem

matemática é usada quando atrelada há temáticas que versam sobre a Educação Ambiental. A primeira, “Aprimoramento na Compreensão de Fenômenos Complexos”, aponta a modelagem matemática como recurso capaz de esclarecer e interpretar sistemas ambientais de difícil compreensão, como os relacionados às mudanças climáticas. A segunda, “Engajamento e Participação Estudantil”, ressalta a relevância da modelagem matemática e das simulações matemáticas para estimular a participação ativa dos alunos. Por fim, a terceira, “Facilitação da Tomada de Decisão Baseada em Dados”, enfatiza o potencial da modelagem matemática em projetar diferentes cenários de intervenção, tornando-se fundamental para decisões fundamentadas em evidências.

Também vale destacar o potencial de alinhavar reflexões críticas sobre o ambiente, em que as situações-problema vão para além de descrever o comportamento dos fenômenos ocorridos, e visam analisar criticamente a situação inicial e o impacto das ações do homem na sociedade. Por exemplo, Alflen (2024) e Tobias et al. (2020) que se debruçam sobre a investigação de valores de indenizações pagos a população moradora de locais que sofreram com a extração de minérios e estragos catastróficos provocados diante da ruptura de barragens.

A Educação Ambiental apresenta ampla possibilidade de aplicação em distintas áreas do saber, em práticas do cotidiano e em variados campos científicos. Dessa forma, é fundamental que o processo educativo incentive debates e ações que assegurem sua presença no espaço escolar, ampliando os recursos pedagógicos e favorecendo a formação de uma consciência crítica nos estudantes.

## **Aspectos Metodológicos**

Tendo como norte o objetivo de investigar princípios da Educação Ambiental no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática, uma pesquisa empírica foi conduzida. Os dados utilizados para embasar as análises foram obtidos junto a 07 estudantes do terceiro ano do curso de Licenciatura em Matemática, durante as aulas de Modelagem Matemática em uma Universidade estadual localizada no norte do Paraná.

Os estudantes desenvolveram três atividades de modelagem matemática, cujo tema foi de interesse deles. A primeira atividade foi desenvolvida por três estudantes sobre *a projeção da quantidade de lixo coletado no Estado do Paraná para*

2040. A segunda atividade foi desenvolvida por um estudante que investigou *a estimativa do tempo de permanência de vestígios da civilização humana no planeta*. E, a terceira atividade foi desenvolvida por quatro estudantes que *analisaram a comparação do custo-benefício entre dietas vegetarianas e carnívoras*. Para as reflexões deste artigo, considerando os dados coletados, analisam-se a primeira e a segunda atividade.

O planejamento das aulas previa a realização de uma atividade de modelagem matemática, dentro do terceiro momento de familiarização proposto por Almeida e Dias (2004) e com a orientação da elaboração e discussão de um questionário envolvendo questões de natureza abertas, fechadas ou semifechadas, conforme Sant'Ana e Sant'Ana (2009) para facilitar a definição do problema a ser investigado.

O desenvolvimento das atividades teve a orientação da professora regente da disciplina, primeira autora deste artigo, que propôs o desenvolvimento de 4 etapas para a realização das atividades de modelagem matemática:

Etapa 1: escolha de uma reportagem ou tema de interesse;

Etapa 2: elaboração de questões sobre o tema de interesse;

Etapa 3: classificação das questões de acordo com seu potencial para mobilizar uma investigação;

Etapa 4: realizar o processo investigativo de uma pergunta aberta.

Um relatório com o desenvolvimento da atividade foi elaborado pelos estudantes e faz parte dos dados analisados neste artigo.

A análise dos dados adotou um procedimento de caráter exploratório e interpretativo embasada na análise qualitativa de conteúdo de Mayring (2014), seguindo uma categorização *a priori* buscando apresentar a articulação entre a modelagem matemática e a educação ambiental no destaque dos princípios da educação ambiental nas atividades de modelagem matemática produzidas pelos estudantes. Para isso foi necessário: i) Uma leitura inicial do conjunto de registros, com o objetivo de compreender o panorama geral do material; ii) A seleção de elementos que evidenciaram a atividade de modelagem matemática desenvolvida pelos estudantes. E, por fim, a articulação entre esses registros e os princípios da Educação Ambiental apresentados no referencial teórico.

## Análise de dados: cenários para uma articulação entre a modelagem matemática e a Educação Ambiental

### *Cenário 1 - A projeção da quantidade de lixo coletado no Estado do Paraná para 2040*

Nesta atividade os estudantes investigaram a projeção da quantidade de lixo coletado no Estado do Paraná para 2040 em um grupo de dois estudantes a partir da reportagem de Hendgens (2016) sobre a produção de lixo coletado no Estado do Paraná, sintetizada no Quadro 1.

**Quadro 1:** Reportagem sobre os resíduos Sólidos na Região Sul do Brasil em 2016

#### **Resíduos Sólidos na Região Sul do Brasil em 2016**

**[EcoDebate]** A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – Abrelpe divulgou o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil em 2016, obtidos com a soma das projeções de cada região do país e que descreve a produção e destino dos resíduos sólidos urbanos – RSU, resíduos de saúde – RSS, resíduos de construções e demolições – RCD e os previstos nos acordos de logística reversa. Este conteúdo está descrito nos meus artigos anteriores publicados no Portal EcoDebate. Nos próximos artigos e com base neste panorama da Abrelpe, estão as informações específicas sobre os aspectos regionais da geração de resíduos sólidos e sua destinação final no Brasil no ano de 2016. Iniciamos a série com as informações referentes à Região Sul com três Estados – Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná – e 1.191 municípios. Em relação aos resíduos sólidos urbanos – RSU, a Região Sul produziu 22.581 toneladas/dia com 10,7% do total do país e queda de 2% em comparação com o panorama anterior de 2015. A produção per capita/habitante /dia foi de 0,752 Kg com queda de 2,7%. Os recursos financeiros aplicados pelos municípios da Região Sul foram de R\$ 3,61 por habitante/mês na coleta dos RSU e 4,23 nos demais serviços de limpeza urbana, com total de R\$ 7,84 por habitante/mês. Os serviços de limpeza urbana movimentaram 3,2 bilhões com queda de 0,8% em relação ao ano anterior.

**Tabela 1 – Geração diária total e individual de RSU na Região Sul do Brasil em 2016**

Ano	Toneladas/ dia	Kg/ habitante/ dia
2015	22.586	0,773
2016	22.127 (-2%)	0,752 (-2,7%)

**Fonte:** Abrelpe

Quanto à coleta dos RSU, 95% foram recolhidos, mas houve queda de 1,5% no total e de 2,2% per capita e 29,4% correspondentes a 6.163 toneladas/dia foram destinados para lixões e aterros controlados sem tratamentos adequados.

**Tabela 2 – Quantidade de RSU coletados na Região Sul do Brasil em 2016**

Ano	Toneladas/ dia	Kg/ habitantes
2015	21.316	0,729
2016	20.987 (-1,5%)	0,713 (-2,2%)

**Fonte:** Abrelpe

Em relação à coleta seletiva, 1070 dos 1191municípios da Região Sul declaram que possuem iniciativas, mas não há informações sobre os números desta atividade. Na maioria destes municípios é provável que sejam iniciativas de pequeno porte que não tem uma influência significativa no conjunto da gestão dos RSU. A disposição final sem tratamento em aterros controlados e lixões teve um pequeno aumento em relação ao panorama anterior.

**Tabela 3 – Disposição final dos RUS na Região Sul do Brasil em 2016**

Ano	Aterro sanitário (ton/dia)	Aterros controlados (ton/dia)	Lixões (ton/dia)
2015	15.105 = 70,9%	3.899 = 18,3%	2.312 = 10,8%
2016	14.824 = 70,6%	3.859 = 18,4%	2.304 = 11%

**Fonte:** Abrelpe

**Resíduo de construções e demolições – RCD** – coletaram-se 16.718 toneladas/dia com geração per capita de 0,568 Kg/habitantes/dia. Houve aumento no total coletado, mas também uma pequena queda na geração individual dos RCD.

**Tabela 4 – Coleta de RCD na Região Sul do Brasil em 2016**

Ano	Toneladas/dia	Kg/habitante/dia
2015	16.662	0,570
2016	16.718	0,568

**Fonte:** Abrelpe

**Resíduos sólidos de saúde – RSS** – Foram produzidas 13.632 toneladas de RSS na Região Sul em 2016, com geração per capita média em 0,510 Kg/habitantes. Os tratamentos utilizados foram autoclave em 52%, incineração em 43,6% e micro-ondas em 2,6%, com 1,8% tendo outros destinos, provavelmente com disposição inadequada em lixões, aterros e valas sanitárias.

**Tabela 5 – Geração de RSS na Região Sul do Brasil em 2016**

Estado	2015 (Ton/ano – Kg/habitante/ano)	2016 (Ton/ano – Kg/habitante/ano)
Paraná	2.912 – 0,261	2.814 – 0,250
Rio Grande do Sul	5.217 – 0,464	5.061 – 0,448
Santa Catarina	5.794 – 0,850	5.757 – 0,833
Total	13.923 – 0,525	13.632 – 0,510

**Fonte:** Abrelpe

Não há no documento da Abrelpe informações específicas sobre a reciclagem e a logística reversa na Região Sul.

Fonte: Adaptado da reportagem de Hendges (2016). Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2017/11/09/residuos-solidos-na-regiao-sul-do-brasil-em-2016-artigo-de-antonio-silvio-hendges/>>.

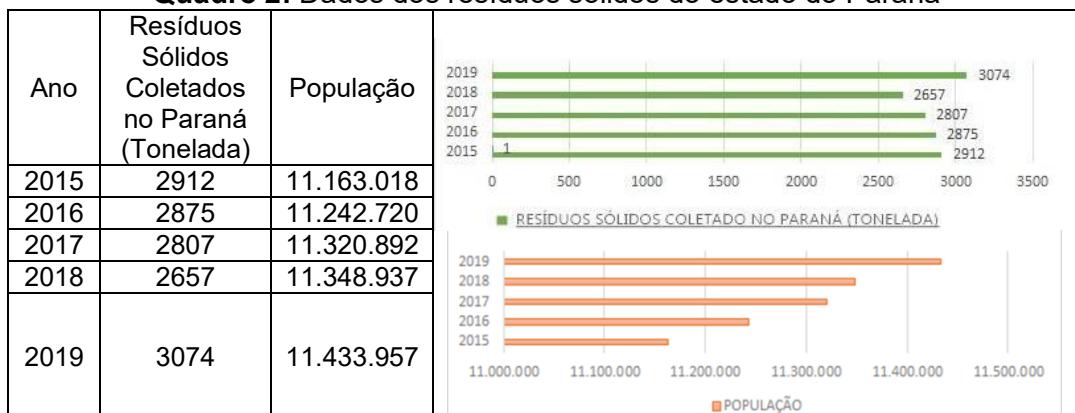
O grupo elaborou cerca de dez questões após a leitura da reportagem, em seguida classificaram-nas e responderam de imediato aquelas que eram possíveis (fechadas e semi-fechadas), para responder à questão de natureza aberta foi necessário a criação de um modelo matemático. As fases de Almeida, Silva e Vertuan (2012) orientaram os estudantes no desenvolvimento da atividade.

Pesquisas foram realizadas pelo grupo, para conhecer o que é a Abrelpe, tomado consciência dos tipos de resíduos sólidos, de sua produção ao longo do tempo e do local que a região sul do país ocupa diante do cenário nacional. Os dados foram coletados de 2015 a 2019, como mostra do Quadro 2 e estabelece uma comparação com o crescimento populacional do Paraná.

O grupo formulou a hipótese de que o crescimento se dá de forma exponencial, pois quanto maior o crescimento populacional maior a produção de resíduos. Por meio desta hipótese é possível destacar que o grupo tem consciência de que a população consome materiais que geram resíduos e que a medida que a população aumenta a produção dos resíduos também aumentam. Ou seja, a produção

de resíduos é um problema ambiental ligado à práticas sociais, econômicas e culturais.

**Quadro 2:** Dados dos resíduos sólidos do estado do Paraná



Fonte: Abrelpe (2015 – 2019)

A hipótese formulada leva em consideração estabilidade no comportamento da sociedade. Neste sentido, a professora fez alguns questionamentos para o grupo: é possível pensar numa mudança de comportamento da sociedade? Há resíduos que são recicláveis? Na justificativa da hipótese elaborada o grupo registrou também que:

[...] durante os levantamentos de dados não encontramos um consenso sobre como se dá a produção de lixo, então usaremos uma EDO (Equação diferencial ordinária) para realizar o nosso modelo matemático, onde  $dQ(t)$  é a quantidade de resíduos numa quantidade de lixo  $t$  e usaremos também o  $K$  como uma constante de proporcionalidade. Afim de analisar matematicamente a quantidade (em toneladas) de resíduos gerados nos últimos utilizou-se o modelo de Malthus. Isso nos aponta para  $\frac{dQ}{dt} = KQ$  (*I*).

(Registro do relatório dos estudantes).

Assim, o modelo matemático determinado para estimar o progresso da geração de resíduos em um determinado espaço de tempo no estado do Paraná foi obtido por meio da resolução de da equação diferencial ordinária envolvendo um problema de valor inicial, conforme Quadro 3.

**Quadro 3:** Obtenção do modelo matemático que a projeção da quantidade de lixo coletado no Estado do Paraná para 2040

$$\frac{dQ}{dt} = KQ \Rightarrow \frac{dQ}{dt} - KQ = 0 \text{ (II)}$$

Logo temos que:

$$Q(t) = Q_0 * e^{kt} \quad (\text{V})$$

Com os dados encontrados na reportagem e utilizando equação (V), foi determinado a constante “k” do modelo para podermos obter uma visão de geração de resíduos sólidos no ano de 2040. Por tanto, foi realizado o cálculo com valores em k em cada intervalo de tempo (anual), e tomando a média de tais valores para compor o modelo final utilizado na resolução. Ao substituir o valor de cada tonelada de resíduos sólidos coletado desses anos na equação (IV) encontrada, obtemos os seguintes resultados presentes na Tabela 6:

**Tabela 6 – Valor de k de cada intervalo**

TEMPO (ANO)	TONELADA	VALOR DE “K”
2015 ( $t = 0$ )	2912	0
2016 ( $t = 1$ )	2875	- 0,01278
2017 ( $t = 2$ )	2807	- 0,01836
2018 ( $t = 3$ )	2657	- 0,03054
2019 ( $t = 4$ )	3074	0,01353

**Fonte:** registro dos alunos

O grupo realizou a média dos cinco valores encontrados para K

$$M = \frac{0 + (-0,01278) + (-0,01836) + (-0,03054) + (0,01353)}{5}$$

$$M = \frac{0,04815}{5} = -0,00963$$

A quantidade de toneladas de resíduos sólidos coletados no ano de 2040, foi determinada a partir da equação (V) encontrada, onde substituindo os valores ficou:

$$Q(t) = 2912 * e^{-0,00963*t} \quad (\text{VI})$$

**Gráfico 3:** Toneladas/dia de resíduos sólidos gerados no Estado do Paraná no ano de 2015 a 2019 e 2040



**Fonte:** relatório dos alunos

**Fonte:** adaptado do relatório dos alunos

Como o grupo determinou o ano de 2040, no problema formulado, então foi substituído na equação (VI) o tempo  $t = 25$ , já que o tempo inicial é 2015 então de 2015 à 2040 são 25 anos, portanto, a quantidade de resíduos sólidos produzidos no ano de 2040 é equivalente a  $Q(25) \approx 2289$  toneladas por dia. O registro gráfico construído permitiu aos alunos discutir que

observando os valores encontrados não conseguimos chegar a uma conclusão, esperamos que a coleta de resíduos sólidos urbano seja menor e, portanto, sua produção seja igualmente reduzida.

(Relatório dos estudantes)

Ao encontrar um valor menor do que o ano de 2019, o grupo preocupou-se com o comportamento da função e realizou uma validação analisando o erro percentual os valores produzidos pelo modelo com relação aos valores coletados do real. O erro variou de 0,3% a 8%, considerando que se trata de toneladas diárias o grupo considerou a estimativa de projeção válida.

Com base no desenvolvimento dos alunos e nas inferências apontadas no relatório dos alunos, por meio da previsão e conscientização acerca da geração de resíduos, a modelagem matemática permitiu estimar um cenário futuro de geração de resíduos e proporcionar uma Educação Ambiental que promova melhorias no meio-ambiente e na vida diária dos estudantes. Neste sentido, a modelagem matemática se colocou como veículo para ensino e aprendizagem de elementos da Educação Ambiental juntamente com a matemática, como pontuado na perspectiva de veículo defendida por Galbraith (2012).

Essa investigação mostrou, de forma quantitativa, os impactos do consumo e da gestão inadequada de resíduos. A matemática nesta atividade serviu como ferramenta para compreender problemas reais e urgentes da sociedade. Além, de ter promovido reflexão sobre hábitos de consumo, políticas públicas e sustentabilidade.

#### *Cenário 2 - A estimativa do tempo de permanência de vestígios da civilização humana no planeta*

Esta atividade foi realizada por um estudante interessado em investigar o tema da extinção da raça humana. O estudante realizou pesquisas sobre o tema para se inteirar a respeito do fenômeno investigado.

Durante sua pesquisa, foram encontradas duas fontes confiáveis: o livro “O Mundo Sem Nós”, que discute a validade das construções da civilização, apresentando exemplos de edificações de alvenaria, alterações na produção de gases, materiais sintéticos e outras possibilidades; e o estudo de *Harvard* sobre a hipótese siluriana, que especula se seríamos capazes de identificar vestígios de uma civilização realmente antiga. Entre esses vestígios, destacam-se construções, indústrias, corpos, material genético e, nas sociedades mais desenvolvidas, materiais sintéticos. Para compreender tais registros, foram consideradas informações como referências às construções e sua deterioração, a ação do intemperismo, os

movimentos tectônicos e até mesmo processos relacionados à formação da crosta terrestre.

(Relatório do estudante).

Neste cenário, a situação real a ser investigada revela que a atividade desenvolvida pelo estudante pode promover a Consciência sobre impactos da civilização, ou seja, mostrar que tudo o que produzimos deixa marcas: construções, indústrias, materiais sintéticos. Isso ajuda os estudantes a perceberem que o “legado” humano não é só cultural, mas também ambiental. Nas pesquisas realizadas o estudante encontrou que a marca mais duradoura seria sintética a nível subatômico, como vidro e cristais, o que leva a compreender que há a possibilidade de identificar tais vestígios. Similar ao tungstênio descoberto em 1783 cujas reservas mundiais estimam cerca de 7 milhões de toneladas.

Uma síntese com as hipóteses formuladas e a resolução da atividade é apresentada no Quadro 4:

**Quadro 4:** Síntese do desenvolvimento da atividade de vestígios da civilização humana no planeta Terra

Hipóteses consideradas	Modelo matemático
<b>1. Sedimentação e catástrofes naturais</b> - Diferença média de 11 cm de material sedimentar por ano. - Ocorrência de 1,2 metros de acúmulo em eventos extremos. - Catástrofes esporádicas previstas a cada 100 anos.	1. Função do intemperismo ( $F(x)$ ). $F(x)=0,11x + \text{altura do objeto}$ , em que $x$ é o tempo em anos O objeto considerado foi o edifício Burj Khalifa (823 m). Considerando ação do intemperismo: 10 cm de deslocamento e 1 cm de sedimento construído. $823m - x \cdot 0,11m = 0$ Resultado: $x = 7.481$ anos → tempo estimado para deterioração completa.
<b>2. Referência fóssil</b> - O número de fósseis já encontrados serve como parâmetro para estimar a quantidade de fósseis existentes e passíveis de serem descobertos no futuro.	2. Função do sedimento (Hipótese Siluriana) ( $g(x)$ ) - Estipula limite para $x$ , considerando abundância de vidro e temperaturas abaixo de 1200 °C. $g(x)=(x-2640) \cdot 12,2 \text{ cm} = 40.000.000$ , (equivalente a 40 km da nossa crosta terrestre) $x=3.280.800.000$ anos
<b>3. Projeção populacional e geração de resíduos</b> - Hipótese de população máxima em 2164: 10 bilhões de habitantes. - Produção média de resíduos: - Países desenvolvidos: 65 kg por habitante/ano. - Países em desenvolvimento: 12 kg por habitante/ano. - Considera-se que 40% dos resíduos produzidos são reaproveitados.	Quantidade de vidro (massa) na Terra: - 12 kg por habitante (média global). - 65 kg por habitante (Europa). - População estimada: $10^9 \times 38,5 = 37.345.000.000$ toneladas.
<b>4. Durabilidade dos materiais</b> - O vidro é identificado como a marca mais duradoura da presença humana no planeta. - Estima-se a probabilidade de encontrá-lo e o tempo necessário para que permaneça como registro arqueológico.	3. Função da quantidade de vidro (toneladas) na Terra: $h(x) = 37.345.000.000 * 0,6 \cdot (x - 2140)$
<b>5. Limites geológicos</b> - Hipótese de que qualquer vestígio fora da crosta terrestre estaria fora de cogitação, devido às condições extremas de pressão e calor.	<b>Resposta ao problema:</b> A resolução se dá por meio de números alcançados para cada possibilidade.
<b>Matematização</b> As contas realizadas utilizam fórmulas conhecidas, como decaimento de moléculas	

<p>e proporções de acontecimentos relacionados à fossilização.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimativa: existem aproximadamente 3000 fósseis da era Mesozóica, que durou 165 milhões de anos. Cálculo: <math>3000/165000000 \rightarrow</math> aprox 55.000.</li> <li>- Interpretação: em média, uma morte fossiliza a cada 55 mil anos (considerando milhares de espécies diferentes).</li> <li>- Especificando por espécie, pode chegar a 1 morte fossilizada a cada 55 milhões de anos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exemplo: a validade estimada para construções de alvenaria é de aproximadamente 10 mil anos.</li> <li>- Como resultado, conclui-se que vidro e cristais são os rastros mais duradouros da humanidade.</li> <li>- Estima-se um limite de cerca de 3.280.800.000 anos para que esses materiais ainda estejam disponíveis na crosta terrestre.</li> <li>- <b>A massa aproximada de vidro seria de 37.345.000.000 toneladas</b>, quantidade considerada abundante segundo referências antropológicas em mineração.</li> </ul>
---	--

Fonte: adaptado do relatório do estudante

Para a interpretação dos resultados e validação o estudante utilizou uma comparação com as fontes onde os dados foram coletados. A situação-problema investigada então buscou estimar quanto tempo uma futura civilização levaria para encontrar rastros da geração atual.

Esta temática pode corroborar com o desenvolvimento da consciência da permanência dos resíduos ao calcular que o vidro pode permanecer por bilhões de anos na crosta terrestre. A atividade mostra como as escolhas feitas por nós (consumo não sustentável) deixam marcas duradouras no planeta. Isso reforça a necessidade de reduzir, reutilizar e reciclar. Como destacado por Meyer (2020) a matemática se torna assim útil para compreender a natureza e modificar a realidade para melhor existência dos seres humanos no planeta.

Pode-se destacar também a responsabilidade intergeracional, visto que a projeção de resíduos até 2164 e além evidencia que os impactos da civilização atual ultrapassam nossa geração. A Educação Ambiental ganha força ao discutir a responsabilidade que temos em relação às futuras civilizações.

Diante dos cenários expostos, evidencia-se que ambas as atividades desenvolvidas abordaram temáticas relevantes e que promoveram para além da experiência com a matemática a relação com conhecimentos extramatemáticos. As pesquisas necessárias para a interação com o tema, bem como para matematizar e resolver os problemas propostos, abrem espaço para a crítica ao modelo de produção e consumo vivida em sociedade e a consciência de mudança. Ao estimar a quantidade de resíduos por habitante, seja no Paraná ou mundialmente, as atividades oportunizaram a reflexão sobre desigualdades, padrões de consumo e alternativas sustentáveis.

Exemplo disso é a ideia apresentada no cenário 2, a hipótese siluriana e a ideia de rastros arqueológicos convidam a pensar: que legado queremos deixar? Essa

reflexão é essencial para a Educação Ambiental, pois conecta ciência com ética e cidadania.

### **Discussão de resultados: os princípios da Educação Ambiental no desenvolvimento das atividades de modelagem matemática**

A discussão que segue está amparada em princípios da Educação Ambiental alinhavados pelas autoras a partir do quadro teórico, em especial de Brasil (2012), bem como considerando os elementos das atividades de modelagem matemática defendidos na literatura por Almeida, Silva e Vertuan (2012).

Os princípios *participação e cidadania, valorização da diversidade, sustentabilidade, formação crítica* foram investigados no desenvolvimento das fases das atividades de modelagem matemática.

No que tange a *Participação e cidadania*, as atividades pode trazer conhecimentos sobre agências, associações, organizações que regulam e mensuram a produção de resíduos. Ter contato com o tamanho da quantidade de resíduos produzidos e então pensar que eles estarão aqui por bilhões de anos, pode levar a tomada de decisões que incorpore instinto de mudança e incentivo ao envolvimento ativo na comunidade, buscando por soluções para a prevenção de um consumo exacerbado de materiais e pensando nas gerações futuras.

Com relação a *Valorização da diversidade*, ao discutir a produção de resíduos e durabilidade (rastros duradouros), as atividades de modelagem desenvolvidas podem ser ponto de partida para discutir que a crise ambiental não afeta todas as culturas da mesma forma. Comunidades vulneráveis sofrem mais com a poluição e o descarte inadequado. Valorizar a diversidade significa incluir essas vozes na busca por soluções e respeitar práticas locais que já promovem sustentabilidade.

Por outro lado, as discussões sobre o impacto de longo prazo, evidencia que as escolhas atuais têm consequências que ultrapassam gerações, reforçando a necessidade de práticas sustentáveis. O consumo e reaproveitamento, pode ser pensado a partir da projeção de produção de resíduos por habitante (65 kg em países desenvolvidos, 12 kg em países em desenvolvimento, com apenas 40% reaproveitado) revela desigualdades e aponta para a urgência de ampliar políticas de redução, reutilização e reciclagem. Portanto, a *Sustentabilidade* não é apenas sobre

preservar recursos, mas também sobre decidir que tipo de marca queremos deixar no planeta, rastros duradouros de poluição ou sinais de equilíbrio com a natureza.

E por fim, a modelagem matemática contribui com a *Formação crítica*, sendo um veículo para a reflexão ética e cidadã. A análise da produção de resíduos e dos rastros duradouros da humanidade convida a pensar sobre responsabilidade coletiva, justiça ambiental e alternativas culturais que valorizem práticas sustentáveis.

Neste contexto, as categorias evidenciadas por Lacerda et al. (2023), acerca da conexão entre a modelagem matemática e Educação Ambiental, “Aprimoramento na Compreensão de Fenômenos Complexos”, “Engajamento e Participação Estudantil” e “Facilitação da Tomada de Decisão Baseada em Dados”, pode ser expandida para contemplar os usos da modelagem matemática no que tange à “Formação crítica para ação na sociedade via modelos matemáticos”.

## **Considerações finais**

A modelagem matemática, quando aliada a problemas ambientais, ajuda a formar pensamento crítico, mostrando que números e funções não são abstratos, mas ferramentas para compreender e transformar a realidade. Em busca, de investigar princípios da Educação Ambiental no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática, neste artigo resultados apontam para a apresentação e discussão de uma articulação entre a modelagem matemática e a Educação Ambiental na formação inicial de professores de Matemática.

De maneira ampla, utilizar a realidade vivida como fundamento para a construção do conhecimento, tanto dentro quanto fora da escola, pode envolver, no âmbito da modelagem, elementos ligados à prática docente, como a compreensão do processo de realização e o manejo de atividades dessa natureza para a aprendizagem da matemática, o que é possível vislumbrar nas características das atividades analisadas neste artigo (resultados dessa natureza foram pontuados por Seki (2019), Pollak (2015) e Almeida (2022)).

Além disso, a modelagem matemática pode favorecer um espaço de interação sociocultural, de cooperação e criatividade, promovendo experiências que ressaltam a importância da matemática e uma visão integrada da modelagem nos contextos acadêmico, social e cultural (como já destacado por Frejd e Vos (2023), e por Araujo (2009)).

A BNCC reconhece a importância da temática ambiental de forma transversal, interdisciplinar e crítica, alinhando-se aos princípios da PNEA e às Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (DCNEA). Partindo da competência de resolver problemas reais também destacada na BNCC, a interlocução entre temas da realidade que podem ser investigados, analisados, compreendidos e interpretados por meio da Matemática pode ser mediada pela modelagem matemática.

Esta alternativa pedagógica se mostrou capaz de articular conteúdos matemáticos a temáticas relevantes do cotidiano, como a Educação Ambiental, em particular a produção de resíduos, a durabilidade deles e os impactos em gerações futuras. A experiência desenvolvida no curso de Licenciatura em Matemática evidenciou que a modelagem matemática não apenas facilita a compreensão de conceitos matemáticos, mas também promove uma reflexão crítica sobre questões socioambientais.

A articulação entre modelagem matemática e Educação Ambiental permitiu que os alunos transitam entre os modelos matemáticos e a realidade, usando ferramentas matemáticas para analisar problemas reais. As situações-problema nas duas atividades apresentadas, ilustrou como a matemática pode ser um instrumento para a sustentabilidade, incentivando os estudantes a pensarem criticamente sobre consumo, descarte e políticas públicas. Além disso, a abordagem destacou o papel do professor como mediador de conhecimentos que transcendem a sala de aula, preparando futuros cidadãos conscientes de suas responsabilidades ambientais.

A Educação Ambiental, enquanto tema transversal, encontra na modelagem matemática uma aliada para sua integração ao currículo escolar. Ao trabalhar com dados reais e contextos significativos, a atividade não apenas desenvolveu habilidades matemáticas, mas também fomentou a conscientização sobre a urgência das demandas atuais. A integração de temas como sustentabilidade e meio ambiente não apenas enriquece a aprendizagem, mas também contribui para a formação de profissionais críticos e engajados com os desafios do século XXI. Assim, a modelagem matemática se consolida como uma ferramenta essencial para uma Educação Matemática contextualizada, crítica e transformadora.

## Referências

- ABRELPE. **Site da Abrelpe**, 2020. Paronama 2020: Paronama dos resíduos sólidos no Brasil Edição 2020 com novo formato, novas análises e informações inéditas.
- ALFLEN, F. **Modelagem matemática como metodologia de ensino**. Produto Educacional - Mestrado profissional. Programa Pós-graduação de Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias. Universidade do Estado de Santa Catarina, 2024.
- ALMEIDA, L. M. W.; DIAS, M. R. Um estudo sobre o uso da Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem. **Bolema**, v.17, n.22, p.19-35, 2004.
- ALMEIDA, L. W. SILVA, K.; VERTUAN, R. E. **Modelagem matemática na educação básica**. 1. Ed.– São Paulo: Contexto, 2012.
- ALMEIDA, L. M. W. Considerations on the Use of Mathematics in Modeling Activities. **ZDM: The International Journal on Mathematics Education**, v50 n1-2 p19-30, 2018.
- ALMEIDA, L. M. W. Uma abordagem didático-pedagógica da modelagem matemática. **VIDYA**, Santa Maria, v. 42, n. 2, p.121-145, 2022.
- ARAÚJO, J. L. Uma abordagem sócio-crítica da modelagem matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 55-68, jul, 2009.
- BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática**. São Paulo: Contexto, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL, Lei nº 9.795/1999. **Política Nacional de Educação Ambiental – PNEA**.
- BRASIL, **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental – Resolução CNE nº 2/2012**.
- BEVILAQUA, T. **Modelagem Matemática e a Produção de Lixo em Florianópolis**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina Centro de Ciências Físicas e Matemática Curso de Matemática Habilitação em Licenciatura, 2008. p.38.
- CUNHA, C. P. **A Importância da Matemática no Cotidiano**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 04. Ano 02, Vol. 01. pp 641-650, julho de 2017. ISSN:2448-0959
- FREJD, P.; VOS, P. The spirit of mathematical modeling - a philosophical study on the occasion of 50 years of mathematical modeling education. **The Mathematics Enthusiast**, v.21, n.1e2, p.269-300, 2023.

GALBRAITH, P. Models of Modelling: Genres, Purposes or Perspectives. **Journal of Mathematical Modelling and application**, v. 1, n. 5, p. 3-16, 2012.

HENDGENS, A. S. Resíduos Sólidos na Região Sul do Brasil em 2016. **EcoDebate**. p.1, 2016.

LACERDA, G.; SAOUZA, D. P.; NETO, J. L.; GOUVEIA, R. A. C.; MORAIS, I. L. Modelagem Matemática Na Educação Ambiental: Uma Ferramenta Para O Ensino E A Conscientização. In: Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG. **Anais...**, SEPE, Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Sudoeste – Sede Quirinópolis.

MARTINS, B. O.; ALMEIDA, L. M. W. Modelagem Matemática: Dos Entendimentos Às Finalidades. **VIDYA**, v. 41, n. 1, p. 113-128, jan./jun., 2021 - Santa Maria, 2021.

MARTINS, B. O. **Modelagem matemática em ação: uma discussão sobre o seu potencial na sala de aula**. 2024. 102 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

MAYRING, P. **Qualitative content analysis** - theoretical foundation, basic procedures and software solution, 2014.

MEYER, J. F. A. A Modelagem Matemática: O desafio de se ‘fazer’ a Matemática da necessidade. **Com a Palavra o Professor**, v. 5, n. 11, p. 140-149, 2020.

NISS, M. A.; HØJGAARD, T. Mathematical competencies revisited. **Educational Studies in Mathematics**, v.102, n.1, p.9-28, 2019.

POLLAK, H. O. What is mathematical modeling? In: **Mathematical Modeling Handbook**. Bedfort: COMAP, 2012.

POLLAK, H. O. The Place of Mathematical Modelling in the System of Mathematics Education: Perspective and Prospect. In: STILLMAN, G. A.; BLUM, W.; BIEMBENGUT, M. S. (Eds). **Mathematical Modelling in Education Research and Practice**. Cham, Switzerland: Springer, p. 265-276, 2015.

SANT'ANA, A. A. SANT'ANA, M. F. Planejamento De Tarefas De Modelagem Matemática A Partir De Perguntas. **Revista eletrônica VIDYA**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p.75-89, jan./jun., 2017.

SEKI, J. T. P. **Modelagem matemática, compreensão e linguagem**: interlocuções fundamentadas na filosofia de Wittgenstein. 2019. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

SILVA, H. O.; BEZERRA, R. D. A Importância Da Educação Ambiental No Âmbito Escolar. **Revista Interface**, Porto Nacional-TO, v. 12, n. 12, p. 163-172, dez. 2016.

SOUSA, B. N. P. A.; TORTOLA, E. Modelos Matemáticos em Atividades de Modelagem Matemática: considerações a partir da filosofia da linguagem de Wittgenstein. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 1–25, 2021.

TOBIAS, P. R. N. A.; ARMENDANE, E. G. de J.; TAVARES, R. A. O MAR DE LAMA E A MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: UM TRABALHO DE ALUNOS DO 6º ANO SOBRE A RUPTURA DA BARRAGEM NA CIDADE DE BRUMADINHO. **7ª Feira Brasileira de Colégios de Aplicação e Escolas Técnicas - 7ª FEBRAT**, 2020.

TORTOLA, E. **Configurações de modelagem matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental**. 2016. 306 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016