

Modelagem em ciências e matemática e suas implicações na aprendizagem sobre sustentabilidade

RESUMO

Esta pesquisa tem o objetivo de avaliar as implicações da Modelagem em Ciências e Matemática na aprendizagem de estudantes de Ensino Médio sobre conhecimentos relacionados a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra. A proposta didática foi planejada considerando os pressupostos teóricos da Modelagem em Ciências e Matemática como um método de ensino que fundamentou o planejamento dessa proposta didática, sendo composto de três fases: i) percepção e apreensão; ii) compreensão e explicitação; e iii) significação e expressão. A pesquisa caracterizou-se como um estudo de caso de abordagem qualitativa, cujos participantes são estudantes de 1º ano de Ensino Médio de uma escola pública da região metropolitana de Porto Alegre, RS. Os dados coletados, por meio de questionários, modelo matemático e observações, foram analisados pela Análise Textual Discursiva pelo método indutivo, emergindo categorias a partir do *corpus* de análise. Por fim, constatou-se que a maioria dos estudantes se desenvolveram cognitivamente e intelectualmente, e puderam contribuir, de forma autônoma e crítica, para a construção do conhecimento acerca da origem do universo, manutenção da vida na Terra e sustentabilidade. A Modelagem em Ciência e Matemática como método de ensino possibilitou fomentar a criatividade e instigar os estudantes na tomada de decisões enquanto protagonistas no âmbito escolar e social, formando assim, possivelmente, cidadãos preocupados com o meio ambiente e com as futuras gerações.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem em Ciências e Matemática. Aprendizagem. Sustentabilidade. Ensino Médio.

Cassiano Scott Puhl

c.s.puhl@hotmail.com

<http://orcid.org/0000-0003-0696-5666>

Prefeitura Municipal de Bom Princípio,
Bom Princípio, Rio Grande do Sul,
Brasil

Luiz Alberto Lorenzi Filho

luiz.lorenzi@acad.pucrs.br

<http://orcid.org/0000-0002-1852-764X>

Pontifícia Universidade Católica do
Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto
Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

Juliana Lopes Froehlich

juliana.froehlich@acad.pucrs.br

<http://orcid.org/0000-0002-7426-6704>

Pontifícia Universidade Católica do
Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto
Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

INTRODUÇÃO

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento normativo, planejada em consonância com princípios das Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, que estabelece conhecimentos, competências e habilidades que o estudante precisa desenvolver ao longo da escolaridade básica (BRASIL, 2018). As mudanças promovidas pela BNCC buscam desenvolver cidadãos autônomos, críticos e criativos, capazes de resolver os problemas e os desafios da sociedade contemporânea, proporcionando à formação humana integral e à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva (BRASIL, 2018).

Os estudos interdisciplinares potencializam o desenvolvimento das mudanças promovidas pela BNCC, proporcionando a contextualização do conteúdo escolar e envolvendo os estudantes nas atividades didáticas (BIEMBENGUT, 2014, 2016). Corroborando com essa ideia, segundo a BNCC, os métodos de ensino adotados pelos professores precisam proporcionar a mobilização de “[...] conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (BRASIL, 2018, p. 6).

A Modelagem em Ciências e Matemática é um método de ensino que está em consonância com a BNCC, pois o estudante é instigado a construir um modelo que auxilie a compreender e a responder um problema da realidade (BIEMBENGUT, 2014). A utilização inadequada de recursos naturais, o consumo excessivo e o descarte inadequado de lixo são problemas presentes na sociedade, que remetem a um tema transversal da Educação Básica: a sustentabilidade. A BNCC contempla esse tema, incentivando estudos que abordem a relevância do meio ambiente, para que o estudante aprenda a fazer “[...] o uso inteligente e responsável dos recursos naturais, para que estes se recomponham no presente e se mantenham no futuro” (BRASIL, 2018, p. 327).

Nessa perspectiva, busca-se resposta para a seguinte questão: quais as implicações da Modelagem em Ciências e Matemática como método de ensino para aprender conteúdos relacionados à sustentabilidade? Desse modo, o objetivo foi avaliar as implicações da Modelagem em Ciências e Matemática na aprendizagem de estudantes de Ensino Médio sobre conhecimentos que embasam o debate sobre a sustentabilidade como a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra.

MODELAGEM EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA: PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

A Modelagem é o conjunto de procedimentos adotados e envolvidos na elaboração de um modelo, estando presente na observação do fenômeno investigado, na interpretação do contexto do problema e a captação do significado do que se produz (BIEMBENGUT, 2014). Neste artigo, a Modelagem é considerada um método de ensino, no qual o estudante utiliza seus conhecimentos para investigar, compreender e resolver um problema real, por meio da elaboração de um modelo (GARCIA, 2012; BIEMBENGUT, 2014; BASSANEZI, 2014). O modelo pode ser definido como um conjunto de símbolos e relações matemáticas que representam um sistema/objeto ou de parte dele,

aproximando-se de situações reais (BIEMBENGUT, 2004; BASSANEZI, 2014; BIEMBENGUT, 2014; LARA; BIEMBENGUT, 2017; AMADOR *et al.*, 2018).

Esse método de ensino, ao propiciar a elaboração de um modelo e utilizá-lo para resolver um problema real, permite que o estudante interprete, analise os dados e valide os resultados, envolvendo-se ativamente no processo de aprendizagem (BIEMBENGUT, 2004; BASSANEZI, 2014; BIEMBENGUT, 2014). A Modelagem não se restringe ao desenvolvimento cognitivo do estudante, mas desenvolve “[...] habilidades para solucionar problemas, além das proposições em sala de aula” (BIEMBENGUT, 2014, p. 16).

A Modelagem proporciona momentos de debates e tomadas de decisões sociais pelos estudantes (BARBOSA, 2004; AMADOR *et al.*, 2018). Diante disso, compreende-se que esse método contribui na formação de cidadãos para a sociedade, pois “[...] é um processo que alia teoria e prática, motiva seu usuário na procura do entendimento da realidade que o cerca e na busca de meios para agir sobre ela e transformá-la” (BASSANEZI, 2014, p. 17). Sendo assim, a Modelagem propicia o desenvolvimento da capacidade crítica, de reflexão, da autonomia, da criatividade e a formação de cidadãos com capacidades e habilidades de conviver em uma sociedade mais justa, igualitária e sustentável (BASSANEZI, 2014).

A Modelagem é utilizada principalmente em Matemática, pois os conhecimentos matemáticos, na sua maioria, foram elaborados para solucionar um problema real em um determinado contexto, de um grupo cultural (BIEMBENGUT, 2014). Os conhecimentos matemáticos, muitas vezes, foram e são criados por meio de modelos – fórmulas, gráficos e representações pictóricas – para a sobrevivência e a transcendência das pessoas de uma determinada sociedade. Esse conhecimento criado é organizado e socializado pela comunidade científica (LARA; BIEMBENGUT, 2017). Diante disso, compreende-se que a Modelagem propiciou o desenvolvimento e a formalização dos conhecimentos matemáticos (BASSANEZI, 2014; BIEMBENGUT, 2014).

Nesse trabalho, compreende-se que a Modelagem Matemática é definida como uma “[...] arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual” (BASSANEZI, 2014, p. 24), sendo um método de ensino que busca relacionar o mundo real com o mundo matemático. De forma análoga, porém voltada ao contexto educacional, a Modelagem é definida como “[...] um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade” (BARBOSA, 2001, p. 6).

Além disso, a Modelagem tem sido aplicada às Ciências da Natureza, nas quais os modelos representam sistemas reais que são representados por: gráficos; esquemas; projetos; leis matemáticas; desenhos; imagens; entre outros (BIEMBENGUT, 2014; AMADOR *et al.*, 2018). Contudo, o objetivo principal desse método não é a validação do modelo, mas são os procedimentos para a compreensão do fenômeno estudado, dos conhecimentos envolvidos e a análise crítica da situação investigação, propiciando, a formação do estudante como um cidadão que participa e interfere na sociedade (BASSANEZI, 2014; BIEMBENGUT, 2014). A Modelagem em Ciências e Matemática potencializa a integração de diferentes áreas do conhecimento, a compreensão de conhecimentos em

Ciências e Matemática aplicados à resolução de problemas reais, por meio de modelos representativos da realidade (BIEMBENGUT, 2014, 2016).

Em relação à organização didática, a Modelagem perpassa etapas similares ao processo de resolução de problemas e da pesquisa científica: compreender o problema; estudar os temas envolvidos no problema; elaborar hipóteses; definir e avaliar as estratégias de resolução; e construir um modelo que explique ou auxilie a responder o problema; e validar o modelo elaborado (BASSANEZI, 2014; BIEMBENGUT, 2014, 2016). Para facilitar a organização do processo da Modelagem, Biembengut (2014, 2016) propõe três fases, não disjuntivas, denominadas: i) percepção e apreensão; ii) compreensão e explicitação; e iii) significação e expressão.

Na primeira fase, percepção e apreensão, busca-se compreender o contexto e os conhecimentos envolvidos no problema. O estudante realiza estudos, de modo indireto (por meio de livros e revistas especializadas, busca na web, entre outros) ou/e de modo direto (por meio de experiência em campo ou dados experimentais obtidos junto a especialistas da área), para familiarizar-se com os conhecimentos envolvidos no problema (BIEMBENGUT, 2014, 2016).

Na segunda fase, compreensão e explicitação, identifica-se e define-se conhecimentos relevantes da investigação, formulam-se hipóteses e elaboram-se um modelo que solucione ou que permita a dedução de uma solução ao problema. Após a Modelagem, ocorre a aplicação do modelo ao problema (BIEMBENGUT, 2014, 2016).

Na terceira fase, significação e expressão, ocorre “[...] a interpretação e avaliação dos resultados e, na sequência, a verificação da adequabilidade e do quão significativa e relevante é a solução → a validação.” (BIEMBENGUT, 2014, p. 24). Caso o modelo não auxilie na resolução do problema, volta-se à segunda fase para formular novas hipóteses e reelaborar o modelo. Além disso, nessa fase, compartilha-se o modelo, os resultados e os significados construídos na investigação (BIEMBENGUT, 2014, 2016).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa faz uso da abordagem qualitativa (RICHARDSON, 1999; GIL, 2008; CRESWELL, 2010; GRAY, 2012), pois pretende-se avaliar a perspectiva de estudantes do Ensino Médio sobre as implicações da Modelagem em Ciências e Matemática na aprendizagem de conhecimentos sobre a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra. Sendo assim, compreende-se que esta investigação “[...] é um meio para explorar e para entender o significado que os indivíduos ou os grupos atribuem a um sistema social ou humano” (CRESWELL, 2010, p. 26). Essa pesquisa se caracteriza como um estudo de caso (GOLDENBERG, 1999; YIN, 2015), pois é “[...] uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites do fenômeno e o contexto não são claramente evidentes” (YIN, 2015, p. 39).

Diante desse contexto, planejou-se uma proposta didática, fundamentada na Modelagem em Ciências e Matemática como método de ensino, para ser desenvolvida em uma turma de 1º ano do Ensino Médio, composta por 42

estudantes, de uma escola pública da Região Sul do Brasil. A proposta didática foi organizada em três etapas, conforme prevê Biembengut (2014, 2016), desenvolvidas em 13 períodos (50 min./cada), durante quatro semanas, entre os meses de maio e junho de 2019. O detalhamento das etapas está disponível em Puhl et al. (2019).

Os instrumentos de coleta de dados foram dois questionários: um questionário prévio e um pós-questionário avaliativo, similar ao questionário prévio, para ser possível avaliar as implicações da Modelagem em Ciências e Matemática na aprendizagem de conhecimentos sobre a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra, relacionando tais temáticas a sustentabilidade. Os questionários são compostos de perguntas dissertativas e abertas (CRESWELL, 2010; GRAY, 2012), permitindo que os participantes expressassem livremente as suas perspectivas. As questões analisadas, presentes em ambos os questionários, foram: i) em sua opinião, descreva como ocorreu a origem do Universo.; ii) apresente argumentos para justificar, em sua opinião, as condições consideradas essenciais para existir vida no planeta Terra.; iii) em sua opinião, o que é sustentabilidade? Descreva situações exemplificando como uma pessoa pode tornar a sociedade mais sustentável ambientalmente.; e iv) quais as possíveis relações que você pensa que existem, se existem, entre origem do universo, origem da vida na Terra e sustentabilidade?

Além dos questionários, os estudantes construíram um modelo matemático, como uma atividade didática. A atividade constituiu em construir uma maquete de uma residência com características sustentáveis. A maquete foi utilizada como um instrumento de coleta de dados.

Como método de análise, optou-se pela Análise Textual Discursiva (ATD), fundamentado em Moraes e Galiazzi (2016, p. 13) que a define como uma

[...] metodologia de análise de informações de natureza qualitativa com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos. Insere-se entre os extremos da análise de conteúdo e a análise de discurso, representando, diferentemente destas, um movimento interpretativo de caráter hermenêutico.

O processo da ATD constitui-se da execução de quatro etapas: i) constituição do *corpus* da pesquisa; ii) desconstrução do *corpus* em unidades de análise ou unidades de significado, a unitarização; iii) a categorização das unidades de significado; e iv) produção da compressão do fenômeno investigado, ou seja, a comunicação e validação da pesquisa por meio de textos que relacionam a fundamentação teórica com o discurso dos participantes, os metatextos (MORAES; GALIAZZI, 2016).

As respostas fornecidas pelos participantes compõem o *corpus* dessa pesquisa, transcritos em um arquivo único para realizar a unitarização. Dando continuidade, analisou-se os dados indutivamente, buscando categorizar por similaridade as unidades de significado. Por fim, elaborou-se os metatextos que consistem na análise descritiva e interpretativa das possíveis respostas ao problema de investigação, comparando os resultados da categorização do questionário prévio com o do pós-questionário.

Os participantes foram designados pela letra P seguidos de numeral arábico sequencial (P1, P2, ..., P10) com vistas a garantir o anonimato. Além disso, as

respostas dos estudantes são apresentadas em aspas e em itálico para diferenciar das citações decorrentes da teoria. Ressalta-se que todos concordaram em colaborar de modo voluntário do fornecimento das informações, por esse motivo não houve necessidade de avaliação pelo sistema CEP/CONEP, de acordo com o Item I, Parágrafo único, do Artigo 1º, da Resolução 510, de abril de 2016 (BRASIL, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÕES DAS CATEGORIAS EMERGENTES DA INVESTIGAÇÃO

A partir da análise das respostas dos participantes da pesquisa, do questionário prévio e pós aplicação, foi possível destacar indicativos das implicações da Modelagem em Ciências e Matemática na aprendizagem de conhecimentos sobre a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra. Em relação ao questionário prévio, o *corpus* da pesquisa foi constituído de 176 fragmentos, correspondendo a 37 categorias iniciais que foram organizadas em três categorias finais. Em relação ao pós-questionário, o *corpus* foi constituído de 129 fragmentos, correspondendo a 33 categorias iniciais que proporcionaram a emergência de quatro categorias finais.

O Quadro 1 apresenta as categorias intermediárias que compõe cada categoria final, referentes ao questionário prévio e pós aplicação. Além disso, apresenta o percentual dos fragmentos em cada categoria e as categorias intermediárias, mostrando indicativos que a capacidade de argumentação dos estudantes melhorou após a utilização da Modelagem em Ciências e Matemática como método de ensino.

Quadro 1 – Categorias finais e intermediárias que emergiram na investigação.

N	Categorias Finais e Subcategorias	Fragmentos			
		Quest. prévio		Pós aplicação	
		Freq. Abs.	Freq. Rel.	Freq. Abs.	Freq. Rel.
I	<i>Desconhecimento dos conhecimentos relacionados à sustentabilidade</i> Desconhece a relação entre os temas: a origem do universo, a vida no planeta Terra e a sustentabilidade Desconhece sobre a origem do Universo Desconhece sobre a sustentabilidade Noção errônea sobre sustentabilidade	44	25%	6	5%
II	<i>Noção dos conhecimentos relacionados à sustentabilidade</i> Noção básica da condição para existir vida Noção básica da condição para sobrevivência do ser humano Noção básica da explosão Big Bang Noção básica da relação entre os temas: a origem do universo, a vida no planeta Terra e a sustentabilidade Noção básica da teoria Big Bang Noção básica de ações sustentáveis	118	67%	43	33%

N	Categorias Finais e Subcategorias	Fragmentos			
		Quest. prévio		Pós aplicação	
		Freq. Abs.	Freq. Rel.	Freq. Abs.	Freq. Rel.
	Noção básica do Criacionismo Noção básica e errônea da teoria Big Bang				
III	<i>Compreensão e explicação de conhecimentos relacionados à sustentabilidade</i> Compreensão e explicação da condição para sobrevivência do ser humano Compreensão e explicação sobre a explosão Big Bang Compreensão e explicação sobre a teoria Big Bang Compreensão e explicação da relação entre os temas: a origem do universo, a vida no planeta Terra e a sustentabilidade Compreensão sobre a necessidade de preocupar-se com os recursos naturais Compreensão e explicação da condição para existir vida Compreensão do problema da sustentabilidade Explicação sobre sustentabilidade	14	8%	48	37%
IV	<i>Significação e expressão sobre a importância da sustentabilidade</i> Significação e expressão sobre sustentabilidade	0	0%	32	25%

Fonte: Autoria própria (2019).

Na primeira categoria, *Desconhecimento dos conhecimentos relacionados à sustentabilidade*, constam unidades de significado que revelam o desconhecimento dos estudantes sobre os temas estudados: a origem do universo, a vida no planeta Terra e, principalmente, a sustentabilidade. A segunda categoria, *Noção dos conhecimentos relacionados à sustentabilidade*, indica que os estudantes têm uma noção sobre os conteúdos estudados, pois respondem os questionamentos, mas não justificam as respostas. A terceira categoria, *Compreensão e explicação de conhecimentos relacionados à sustentabilidade*, diferente da segunda categoria, os estudantes apresentam indícios que compreendem o conteúdo, visto que respondem o questionamento, argumentando ou explicando a resposta dada. E por último, a categoria *Significação sobre a importância da sustentabilidade*, presente somente em unidades de significado do questionário pós aplicação, contempla relatos dos estudantes que mostram a preocupação em preservar o meio ambiente, destacando ações diárias que podem ser realizadas por qualquer cidadão.

CATEGORIA I – DESCONHECIMENTO DOS CONHECIMENTOS RELACIONADOS À SUSTENTABILIDADE

Em relação aos conteúdos estudados, a sustentabilidade foi o tema que os estudantes apresentaram maior desconhecimento. No *corpus* do questionário prévio, a maioria dos fragmentos, 27 dos 44, indicam o desconhecimento sobre a

sustentabilidade, sendo que os estudantes a definiram como: “*acho eu que é algo em relação a finanças*” (P3); “*quando a pessoa sabe se sustentar*” (P4); “*dinheiro e economia*” (P9); “*acho que é basicamente ter uma sociedade melhor, sustentar a sociedade*” (P27); e “*na minha opinião sustentabilidade é usar coisas que não envolva muito animal*” (P11).

Observa-se que as concepções de sustentabilidade estão relacionadas com a situação financeira, seja pela falta de recursos financeiros ou pela organização para sobreviver e pagar suas despesas. Esse fato revela uma analogia equivocada entre o termo “sustentabilidade” e “independência financeira”, além disso, possivelmente, essa relação revela que o estudante está imerso num contexto familiar e social em que os problemas financeiros se sobressaem em relação aos ambientais. Em relação as ações para tornar a sociedade mais sustentável, quatro participantes da pesquisa expressam um sentimento sem perspectiva de melhora: “[...] *existem problemas mais graves que devemos resolver antes [da sustentabilidade], como educação*” (P6); “*eu acho que nada, porque parece que tudo só piora*” (P8); e “*nada, pois é difícil falar de minorias que tentam salvar o planeta*” (P22).

O desconhecimento sobre a sustentabilidade é evidenciado no relato de estudantes (P5, P7, P14, P17, P20, P22) quando a definem como a “capacidade de sustentação ou conservação de um processo ou sistema”. Essa definição está disponível no site Toda Matéria¹, no qual estudantes a transcreveram literalmente e outros reescreveram de forma análoga, como, por exemplo: “*conservação de algum processo ou sistema*” (P14). Essa situação mostra a insegurança no discente em escrever sobre esse tema, pois mesmo com a oportunidade de expressar sua opinião de forma autoral, alguns preferiram a cópia de definições prontas, mesmo tendo sido solicitado que não realizassem buscas na web. Tal ação, pode ser um indício de um ensino transmissivo, em que o aluno é passivo no processo de aprendizagem, tendo que memorizar conhecimentos para avaliações, não proporcionando o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia.

A maior dificuldade dos estudantes, está em estabelecer a relação entre a origem do universo, a origem da vida na Terra e a sustentabilidade. Essa perspectiva, também esteve presente no *corpus* do questionário prévio, contemplando 14 dos 44 fragmentos, tais como: “*tudo começou após a explosão do Big Bang*” (P21); “*a origem*” (P15); “*não sei*” (P2); e “*que não somos únicos e que todos nós somos iguais, um grupo só*” (P6). Esses fragmentos, no contexto do questionamento², não têm sentido, pois não respondem à questão, sendo um forte indicativo do desconhecimento dos participantes da pesquisa sobre as relações entre os temas estudados. Além disso, no *corpus* de análise há estudantes que não responderam esse questionamento.

O ideal seria não ter fragmentos do *corpus* do questionário pós aplicação nessa categoria, pois seria um indicativo da aprendizagem dos discentes. Apesar de ainda conter seis fragmentos, observa-se que há indícios que o método de ensino da Modelagem em Ciências e Matemática propiciou uma compreensão dos conteúdos relacionados a origem do universo, a origem da vida na Terra e a sustentabilidade, visto a redução dos fragmentos entre o *corpus* do questionário prévio e do pós aplicação (de 44 para 6 fragmentos). Diante disso, observa-se que

os estudantes, ao menos, têm uma noção dos conhecimentos relacionados à sustentabilidade, conforme consta na categoria a seguir.

CATEGORIA II – NOÇÃO DOS CONHECIMENTOS RELACIONADOS À SUSTENTABILIDADE

Essa categoria esteve presente em 67% das unidades de significado do *corpus* do questionário prévio e 33% do questionário pós aplicação. Os fragmentos que constituem essa categoria foram respostas simples, no qual os estudantes responderam à questão, mas não a justificaram. Esse fato indica que os estudantes têm conhecimento sobre os temas relacionados à sustentabilidade (por mais superficial que possa ser), mas ainda não sabem ou não se sentem preparados para explicá-los ou descrevê-los com maior complexidade.

Em relação aos conhecimentos sobre a origem do universo, há 24 fragmentos, retirados do *corpus* do questionário prévio, que compõem essa categoria: “*Acredito na teoria do Big Bang, e que com o passar do tempo fomos evoluindo e nos tornando quem somos*” (P1); “*Não sei muito bem do universo. Mas sei um pouco do planeta Terra, que tudo foi surgido por pressão e o Big Bang*” (P6); “*O pai celestial criou tudo*” (P8); “*Deus criou o universo*” (P16); “*Explosão do Big Bang*” (P20); e “*Teoria do Big Bang*” (P21). A partir desses fragmentos, observa-se a existência de três categorias iniciais: 1) o estudante acredita que a explosão do Big Bang deu origem ao Universo (66%); 2) o estudante mostra conhecer a existência de diferentes teorias sobre a origem ao Universo, aceitando a teoria do Big Bang (17%); e 3) o estudante acredita que Deus criou o Universo (Criacionismo) (17%).

O Big Bang e o Criacionismo são teorias que explicam a origem do Universo, sendo as mais difundidas pelo senso comum. Entretanto, para boa parte dos estudantes dessa pesquisa, o Big Bang é um fato, uma explosão que determinou a origem do Universo, não a compreendendo como uma teoria. O entendimento do Big Bang como um fato, pode ser explicado pelo ano escolar que se estuda esses conteúdos, pois um estudante relatou: “*Sei pouco sobre isso [a Origem do Universo], cheguei estudar no 4º ano. Mas lembro somente do Big Bang*” (P23).

No 4º ano, o estudante tem cerca de 9-10 anos e, possivelmente, não tem conhecimentos e nem maturidade cognitiva para compreender o significado de uma teoria. Esse contexto é explicado por Biembengut (2016, p. 74), ao compreender o processo de aprendizagem como uma mágica: “*a mágica reside na forma como a mente seleciona, filtra as percepções ou informações adquiridas e processa aquilo que interessa ou que está à disposição para gerar ideias, compreensão, entendimento*”. Diante disso, o discente de 4º ano não tendo conhecimentos suficientes e, possivelmente, nem interesse sobre a definição do termo teoria, não compreende o conceito, e compreende que o Universo se originou pelo fato da explosão do Big Bang.

Durante a aplicação do método de ensino da Modelagem em Ciências e Matemática realizou-se atividades com os estudantes – a apresentação de um documentário, conversas com os professores e visitação para interação com os ambientes do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS – para abordar algumas teorias da origem do Universo, destacando o significado da palavra teoria. Contudo, no *corpus* do questionário pós aplicação, consta-se fragmentos

destacando o Big Bang como uma explosão, não a evidenciando como uma teoria: *“Em minha opinião a origem do universo e trajetória que ele passou diversas transformações evolutivas, tudo surgiu de uma enorme explosão, conhecida como Big Bang”* (P6); *“O universo surgiu por uma explosão o Big Bang que dessa explosão se formou todo nosso universo, nossas galáxias e nossos planetas”* (P8); e *“Aconteceu o Big Bang a criação do planeta Terra, as galáxias, o sistema solar, etc.”* (P14). Nesse corpus, ainda há um fragmento de um participante da pesquisa que acredita na teoria do Criacionismo.

Em relação as condições para a existência de vida, há 66 fragmentos que puderam ser agrupados em nove categorias iniciais: 1) a água é essencial para a existência de vida (33%); 2) o oxigênio é essencial para a existência de vida (29%); 3) a natureza (vegetação) é essencial para a existência de vida (9%); 4) os alimentos são essenciais para a existência de vida (9%); 5) o ar da atmosfera é essencial para a existência de vida (6%); 6) o clima adequado é essencial para a existência de vida (6%); 7) o sol e a lua são essenciais para a existência de vida (3%); 8) os sais são essenciais para sobrevivência (3%); e 9) o emprego é essencial para sobrevivência (2%).

Observa-se que a maioria dos fragmentos correspondem a fatores para a existência de vida, porém, um discente citou uma necessidade exclusiva do ser humano, o emprego. Primeiramente nota-se uma visão antropocêntrica de vida, visto que a pergunta englobava todos os seres vivos, não somente a espécie humana. Além disso, percebe-se o entendimento de que ter um emprego é considerado uma condição básica do ser humano, demonstrando novamente que as questões econômicas se encontram presente no contexto de vida dos estudantes. No corpus do questionário pós aplicação, esse contexto não esteve presente, no qual os estudantes citaram somente fatores para a existência de vida, considerando todos os organismos vivos. Além dos fatores já citados, foi constatado outras duas unidades de significado que consideram a gravidade e a energia como essenciais para a existência de vida.

Em relação à sustentabilidade, os participantes de pesquisa a definiram como: *“[...] é o jeito como as pessoas trata a natureza”* (P17) e *“[...] a sustentabilidade tem a ver com preservação com a natureza”* (P25), relações de definição coerentes, por mais que não estejam completas. Além disso, os estudantes não souberam relacionar os temas estudados, limitando-se a responder: *“que tudo isso está ligado”* (P4); *“eu acho que existe relação, acho também que uma coisa liga a outra, por exemplo origem do universo e vida na terra”* (P13); e *“acho que um tem a necessidade do outro”* (P27). A dificuldade de relacionar os temas estudados, esteve presente também no corpus do questionário pós aplicação, com seis fragmentos que tem significados análogos aos já apresentados. Tal dificuldade pode estar relacionada ao ensino fragmentado, em que conceitos são apresentados de forma separadas, sem interligações ou conexões com a vida real.

Foi observado, também, dificuldades em determinar ações diárias para melhorar a sociedade, dando exemplos, na sua maioria, de ações para serem realizados por outras pessoas, tais como: *“cartazes, protestos, mensagens na televisão [...]”* (P2); *“as manifestações, ONGS, criada para ajudar, e formas ecológicas para poupar o planeta”* (P12); *“não usar canudos”* (P13); *“acho que o cuidado na separação do lixo”* (P16); *“[...] a todo momento vários cientistas estão*

criando maneiras para preservar a vida na terra” (P24); e “eu sei que existem vários projetos socioambientais para promover a preservação [...]” (P26). Pode-se sugerir que exista uma falta de apropriação de alguns estudantes, frente às questões ambientais, não se sentindo parte ou capaz de promover melhorias ou colaborar para a manutenção da vida na terra.

Ao estabelecer uma relação com as etapas da Modelagem em Ciências e Matemática de Biembengut (2014, 2016) constata-se que essa categoria possui características similares com a percepção e apreensão, pois o discente não demonstra conhecimento para argumentar ou explicar, somente uma noção dos temas estudados. Os fragmentos do *corpus* do questionário prévio são indicativos do conhecimento prévio dos estudantes, que receberam informações por meio das atividades realizadas na proposta didática, auxiliando na construção de significados em relação aos temas estudados. Corroborando com essa ideia, Biembengut (2014) afirma que a etapa da percepção e apreensão instiga o levantamento de dúvidas, abrindo caminhos para aprendizagens.

Após a aplicação da proposta didática, observa-se que ainda houve alunos que não transformaram as informações em conhecimento – caso contrário, possivelmente, não teriam fragmentos do questionário pós aplicação na categoria I –, tendo somente noções sobre os temas estudados. Um exemplo dessa situação é expresso pelo estudante P11, ao relatar que a origem do Universo se deu pelo Big Bang: *“tenho total certeza disso depois de assistir um vídeo explicando e mostrando a origem do Universo”*. O estudante identificou o recurso que disponibilizou a informação, mas a compreendeu de forma equivocada, pois o documentário mostrou uma das teorias para a origem do Universo.

A aprendizagem implica compreender um conhecimento, sendo assim é um processo que está relacionado com a percepção, o conhecimento e o interesse do estudante, diferindo de pessoa para pessoa (BIEMBENGUT, 2016). Entretanto, destaca-se que houve uma diminuição dos fragmentos dessa categoria, refletindo no aumento, em percentual, da categoria Compreensão e explicação de conhecimentos relacionados à sustentabilidade, na qual os estudantes apresentam maiores indícios de terem aprendido, pois conseguem explicar e argumentar sobre os temas estudados.

CATEGORIA III – COMPREENSÃO E EXPLICAÇÃO DE CONHECIMENTOS RELACIONADOS À SUSTENTABILIDADE

A categoria Compreensão e explicação de conhecimentos relacionados à sustentabilidade possui a menor quantidade de fragmentos do *corpus* do questionário prévio (8%) e a maior após aplicação da proposta didática (37%). Segundo Biembengut (2014) é na etapa da compreensão e explicação que se apresentam os conteúdos para, posteriormente, apresentar propostas para resolver o problema. Essa categoria apresenta indicativos de que os estudantes construíram conhecimentos a partir das informações disponíveis, pois responderam as questões apresentando argumentos ou justificativas. Em relação aos conteúdos estudados na proposta didática, destaca-se que no *corpus* do questionário prévio somente respostas sobre sustentabilidade contemplam essa categoria. Em compensação, no questionário pós aplicação, há fragmentos que

remetem a todos os temas estudados: a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra.

Em relação à sustentabilidade, no *corpus* do questionário prévio, os discentes a definiram como: “[...] usar com conscientização os recursos que o planeta nos propõe” (P1); “[...] atitudes para melhorar o planeta, economizando diversas coisas” (P6); “[...] é algo que mantém o padrão pra se viver e existir” (P10); e “é tudo aquilo que ajuda e auxilia a vida e as condições naturais e humanas” (P24). Esses fragmentos apontam que a sustentabilidade está associada aos cuidados com meio ambiente, preservando os recursos naturais para que exista condições adequadas para o ser humano sobreviver.

No *corpus* do questionário pós aplicação, identificou-se respostas similares, mas que também mostram a preocupação com as futuras gerações e com ações para serem realizadas por qualquer pessoa: “é preservar o mundo para as gerações futuras” (P1); “algo que podemos praticar, para fazer do mundo um lugar melhor para se viver” (P3); “acho que é saber aproveitar o que o planeta nos dá, sem prejudicá-lo” (P4); “sustentabilidade é se conscientizar de fazer nossas tarefas do dia a dia poupando ao máximo os recursos. Sustentabilidade é ter a consciência de que um dia chegará uma nova geração e a nova geração merece assim como nós ter recursos” (P6); e “sustentabilidade é um meio de utilizar os recursos naturais sem esgotá-los e sem prejudicar as gerações futuras” (P7).

A partir desses relatos sobre a sustentabilidade, observa-se que houve um aprimoramento, em relação às definições apresentadas pelos discentes. Esse aprimoramento da concepção sobre sustentabilidade, possivelmente ocorreu pelas atividades didáticas realizadas em sala de aula. Sendo assim, a disponibilização de diferentes recursos didáticos (vídeo, diálogos em sala de aula e vista ao MCT-PUCRS) propiciou aos estudantes a compreensão de informações sobre sustentabilidade. Biembengut (2016, p. 107) afirma que na aprendizagem, a compreensão de conceitos é um processo contínuo, “[...] que se aprimora, à medida que procuramos explicitar as informações, delineando símbolos ou fragmentos de símbolos que podem, passo a passo, nos tornar mais cômicos.”. Essa perspectiva é notável, ao comparar os relatos dos participantes da pesquisa sobre a concepção da sustentabilidade, sendo um indício que Modelagem em Ciências e Matemática promoveu aprendizagens aos estudantes, pois apresentaram um nível de compreensão maior no questionário pós aplicação se comparado com dados do questionário prévio.

Em relação à origem do Universo, observa-se nessa categoria, respostas que explicam a teoria do Big Bang, como por exemplo: “começou com a explosão de energia que gerou o Big Bang que originou tudo que a gente conhece hoje” (P1); “o choque entre dois corpos acabou resultando em múltiplas explosões e o material gerado por cada explosão acabou criando as condições necessárias para um planeta habitável” (P7); “existem várias teorias sobre a origem do universo, porém a teoria mais aceita até hoje é de que o universo surgiu a partir de uma grande explosão que ocorreu cerca de 13 bilhões de anos atrás chamada Big Bang” (P10); e “ocorreu a muito tempo atrás. A teoria mais perto que chegaram à conclusão foi a teoria do Big Bang que aconteceu a 13 bilhões de anos” (P12).

Observa-se que as informações do documentário apresentado sobre o assunto se tornaram conhecimento para os estudantes, no qual alguns destacam

a existência de diferentes teorias para a origem do Universo, algo que não apareceu nos relatos dos estudantes no questionário prévio. Diante disso, há indicativos que alguns discentes compreenderam a diferença de uma teoria para um fato, realizando um esforço cognitivo para relacionar as informações das atividades propostas com seu conhecimento prévio, reconstruindo significados sobre a origem do Universo e a teoria do Big Bang.

Em relação as condições para a existência de vida, os estudantes citaram seis condições, com diferentes justificativas. A saber: “[...] o oxigênio, pois ele é vital para todos os seres vivos poderem respirar; [...] a água, pois assim como o oxigênio, a água é muito importante para os seres vivos sobreviverem” (P6); “comida, para que os seres vivos não morram de fome. [...] Natureza para que tenham um lugar belo, rico e próspero para morar” (P10); “Ter água porque água é a base de todo o planeta” (P11); “o sol e a lua, para não fazer tão calor ou não fazer tão frio” (P14); e “[...] a camada de ozônio, para impedir que os raios solares atinjam a terra com a potência total” (P6). Apesar dos discentes apresentarem argumentos curtos para a escolha da condição, constata-se que os argumentos são válidos e condizentes com o que foi estudado.

Com relação a dificuldade que os participantes da pesquisa tiveram em relacionar os temas estudados no questionário prévio, apresentou-se em menor evidência no questionário pós aplicação. Acredita-se que a proposta didática tenha auxiliado a sanar tal dificuldade, pois há fragmentos que indicam a compreensão e a relação dos temas, tais como: “que para ter vida na Terra, precisa do universo e precisa de sustentabilidade para manter a vida na Terra” (P1); “existem relações do Big Bang gerou elementos para todo o universo, estes elementos formaram os planetas. E dentro dos planetas surgiram recursos. Recursos em que a sustentabilidade luta para as manter” (P6); “depois do Big Bang aconteceu várias evoluções que deram origem à Terra. Agora, a gente tem que preservar a Terra para não acabar com os recursos naturais” (P9); e “a origem do universo tem relação com a Terra porque o universo desde o início de sua origem veio se expandindo até enfim dar origem no planeta e a sustentabilidade tem haver com isso pelo fato de que se não cuidarmos daremos fim a tudo isso” (P10).

Em nenhuma atividade da proposta didática foi explicitado a relação dos temas, sendo assim, esses dados são indícios da construção de significados pelos estudantes, ocasionados pela sua ação cognitiva e pelo seu envolvimento e interação com as atividades propostas. Nesse contexto, Biembengut (2016) afirma que ação cognitiva do discente faz com que, a partir da compreensão, transforme informações em significados, ou seja, em conhecimentos. Portanto, observa-se que a Modelagem em Ciências e Matemática promoveu aprendizagens, partindo de uma noção dos conteúdos estudados para a uma compreensão que possibilitou aos estudantes argumentarem e explicarem suas opiniões e definições sobre os assuntos em questão.

CATEGORIA IV – SIGNIFICAÇÃO E EXPRESSÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA DA SUSTENTABILIDADE

Essa categoria emergiu dos dados do *corpus* de análise do questionário pós aplicação, sendo composta de 32 fragmentos (25% dos fragmentos totais do

corpus). Os dados que constituem a categoria são referentes ao compartilhamento dos modelos de objetos sustentáveis construídos pelos estudantes (Figura 1), no qual destacaram ações diárias que a população pode realizar para preservar o meio ambiente e melhorar a vida em sociedade. Desse modo, compreende-se que os fragmentos dessa categoria são indicativos que a Modelagem em Ciências e Matemática proporcionou o desenvolvimento de habilidades e capacidades, formando cidadãos para a sociedade, e não somente a compreensão dos temas estudados para avaliações em sala de aula.

Figura 1 – Modelos construídos pelos estudantes



Fonte: Autoria própria (2019).

Alguns discentes não realizaram a construção da maquete, entretanto os modelos construídos apresentam vários recursos sustentáveis. Diante disso, apresenta-se somente dois modelos, porém a explicação do processo para elaborar e as características sustentáveis dos modelos instigou a curiosidade nos demais alunos. Durante essa etapa, significação e expressão, era notável o sentimento de satisfação dos estudantes em compartilhar os modelos. Os demais colegas se mostraram atentos nas explicações e procuravam dar sugestões para melhorar os modelos, tais como: a instalação de uma cisterna com uma bomba de água para reaproveitar a água da chuva e estender a cobertura do estacionamento do prédio para o deficiente físico. Sendo assim, concorda-se com Biembengut (2014, p. 46) que a etapa da significação e expressão tem potencial para “[...] instigar estes estudantes a seguirem nesse caminho e estudantes de outras turmas quererem aprender sob este método de modelação.”.

Os fragmentos foram reescritos em oito categorias iniciais: 1) reaproveitar a água da chuva (22%); 2) economizar água em ações diárias (19%); 3) economizar energia elétrica em ações diárias (19%); 4) reciclar o lixo (13%); 5) preservar o

meio ambiente (9%); 6) separar o lixo e descartá-lo corretamente (9%); 7) utilizar menos recursos poluentes (6%); 8) utilizar fontes de energia renováveis (3%).

A seguir apresentam-se, respectivamente, alguns fragmentos que proporcionaram a elaboração dessas categorias iniciais: *“coletar a água pela calha para limpar pátio, molhar plantas, etc.”* (P3); *“[...] utilizar água da chuva para lavar o pátio”* (P4); *“[...] diminuir o tempo do banho e escovar os dentes com a torneira desligada”* (P6); *“não deixar as torneiras abertas”* (P13); *“[...] poupar luz”* (P10); *“economizar energia elétrica”* (P14); *“reciclar coisas que já foram usadas, como garrafas”* (P10); *“[...] não matar os animais e não cortar árvores”* (P13); *“fazer plantações e plantar árvores”* (P14); *“separar o lixo e nunca colocá-lo no chão”* (P6); *“andar menos de carros, poluindo menos as ruas, já ajudaria bastante”* (P14); e *“instalar painéis para captar a energia solar”* (P8).

Esses dados reforçam a validação factual³ dos modelos construídos, pois expressaram a situação-problema investigada e proporcionaram aos estudantes a compreensão da importância de realizar ações diárias para preservar os recursos naturais. Esse contexto está em consonância com as ideias de Biembengut (2016, p. 109) que considera um modelo válido quando expressa “[...] a situação-problema, fenômeno ou ente modelado e, assim, nos permitir entender, prever, influenciar, saber e agir sobre esse ente”.

Além da validação factual, observa-se que o modelo foi válido de forma significativa⁴, pois os discentes representaram situações complementares, principalmente no modelo do prédio sustentável, como a representação de uma faixa de segurança; de vaga de estacionamento para deficientes físicos e de uma horta no terraço do prédio para produzir hortaliças para os moradores. Essas situações são indícios do envolvimento dos estudantes e da preocupação em construir um modelo semelhante à realidade, mas com sugestões para melhorar a sociedade, considerando a preservação do meio ambiente e de acessibilidade. Por meio dessa categoria, compreende-se que a Modelagem em Ciências e Matemática atingiu as etapas propostas: orientação adequada, formalização dos conteúdos e estímulo aos sentidos crítico e criativo (BIEMBENGUT, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar as implicações da Modelagem em Ciências e Matemática na aprendizagem de estudantes do primeiro ano do ensino médio, em relação a conhecimentos sobre a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra. Por meio da análise dos dados do questionário prévio e do pós aplicação, emergiram novas significações a respeito da utilização da Modelagem em Ciências e Matemática, os quais foram organizados em quatro categorias finais:

i) Desconhecimento dos conhecimentos relacionados à sustentabilidade: nesta primeira categoria percebe uma incidência maior de fragmentos do *corpus* do questionário prévio (25%) que evidenciam o desconhecimento dos estudantes em relação a sustentabilidade comparando com as unidades de significado do pós aplicação (8%). Inicialmente, os estudantes apresentaram uma definição equivocada de sustentabilidade, relacionando-a a questões financeiras. Além disso, observou-se indícios de um ensino transmissivo, pois os estudantes

tiveram dificuldades em elaborar ideias de forma autônoma, buscando definições prontas na web, e em relacionar os temas estudados.

ii) Noção dos conhecimentos relacionados à sustentabilidade: inicialmente os conhecimentos acerca da origem do universo apresentados pelos estudantes, bem como a sua relação com a sustentabilidade, estabeleciam pequenas e por vezes inexistentes conexões baseadas no senso comum. No entanto, observa-se uma noção mínima dos estudantes em relação aos assuntos estudados, sendo a categoria com maior número de fragmentos no questionário prévio. A categoria ainda evidência uma dificuldade dos estudantes em estabelecerem relação entre os temas estudados, o que pode ser explicado justamente pela falta de conhecimentos, o que impossibilita de justificar ou explicar com detalhes suas opiniões, ideias e definições sobre os temas.

iii) Compreensão e explicação de conhecimentos relacionados à sustentabilidade: nessa categoria foi observado um aumento na capacidade de argumentação dos estudantes no questionário pós aplicação, sendo a categoria com maior número de fragmentos retirados desse instrumento de coleta de dados (37%). Para tanto, verificou-se que os estudantes apresentaram a capacidade de interpretar e compreender as informações, disponibilizadas na proposta didática, em conhecimentos, o que pode ser observado nas respostas mais complexas, embasadas e justificadas do questionário pós aplicação. Diferente das categorias anteriores, após a aplicação da proposta didática grande parte dos estudantes apresentaram possíveis relações entre os temas estudados: sustentabilidade, origem do universo e manutenção da vida na Terra. Notou-se, também, que os estudantes mostraram preocupados com a preservação do meio ambiente, algo pouco abordado no questionário prévio, ou seja, o estudo desenvolveu conteúdos escolares e, paralelamente, a consciência de preservar os recursos naturais para as futuras gerações.

iv) Significação sobre a importância da sustentabilidade: constatou-se a importância da comunicação dos resultados pelos estudantes, como forma de estimular o senso crítico, criativo e autônomo, ao construir um modelo e após apresentá-lo e validá-lo com os demais colegas. Além disso, nessa fase, observou-se o debate e o respeito em sala de aula, além do compartilhamento de informações para auxiliar a resolução de problemas sociais e no processo de aprendizagem dos conteúdos estudados. A categoria ainda evidenciou a validação factual e significantes dos modelos construídos, a partir de um problema da realidade do estudante, além da contextualização dos temas estudados.

Desta forma, por meio dos resultados obtidos verificou-se que a maioria dos estudantes se desenvolveram cognitivamente e intelectualmente, e puderam contribuir, de forma autônoma e crítica, para a construção do conhecimento acerca da origem do universo, manutenção da vida na Terra e sustentabilidade. A Modelagem em Ciência e Matemática como método de ensino possibilitou fomentar a criatividade e instigar os estudantes na tomada de decisões enquanto protagonistas no âmbito escolar e social, formando assim, possivelmente, cidadãos preocupados com o meio ambiente e com as futuras gerações.

Contudo, ressalta que a grande infrequência e evasão – visto que de uma turma de 42 estudantes a média de presenças nas aulas não eram superiores a 28 – foi um fator negativo a realização da pesquisa, uma vez que um número maior

de estudantes, com frequência em todas as etapas do projeto poderiam auxiliar na obtenção de resultados diferentes e, possivelmente, melhores. Admite-se desta forma a necessidade da continuidade de estudos explorando a utilização da Modelagem em Ciências e Matemática como método de ensino e seus impactos na aprendizagem dos estudantes em diferentes níveis de escolaridade.

Modeling in science and mathematics and its implications for learning about sustainability

ABSTRACT

This research aims to evaluate the implications of Modeling in Science and Mathematics for high school students' learning about knowledge related to the origin of the Universe and the emergence and maintenance of life on planet Earth. The didactic proposal was planned considering the theoretical assumptions of Modeling in Science and Mathematics as a teaching method that underpinned the planning of this didactic proposal, consisting of three phases: i) perception and apprehension; ii) understanding and explanation; and iii) meaning and expression. The research was characterized as a case study with a qualitative approach, whose participants were 1st year high school students from a public school in the metropolitan region of Porto Alegre, RS. The data collected through questionnaires, mathematical models, and observations was analyzed using inductive textual discourse analysis, and categories emerged from the corpus of analysis. Finally, it was found that most of the students developed cognitively and intellectually and were able to contribute, autonomously and critically, to the construction of knowledge about the origin of the universe, the maintenance of life on Earth, and sustainability. Modeling in Science and Mathematics as a teaching method made it possible to encourage students to be creative and make decisions as protagonists in the school and social spheres. This might make citizens care about the environment and future generations.

KEYWORDS: Modeling in Sciences and Mathematics. Learning. Sustainability. High school.

NOTAS

- 1 Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 22 jul. 2019.
- 2 Quais as possíveis relações que você pensa que existem, se existem, entre origem do universo, origem da vida na Terra e sustentabilidade?
- 3 A validação factual é “[...] relativo à solução da situação-problema, interpretação do fenômeno” (BIEMBENGUT, 2016, p. 109).
- 4 A validação significativa é “[...] relativo às limitações e às possibilidades do modelo em produzir além da solução, como: identificar, descrever ou verificar outros fenômenos, outras situações-problemas e se seu efeito é significativo” (BIEMBENGUT, 2016, p. 109).

REFERÊNCIAS

- AMADOR, N. L. *et al.* Estratégia didática: utilizando a modelagem para facilitar o ensino e aprendizagem da temática terra e universo. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 3, n. 3, p. 26-42, 2018.
- BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática: O que é? Por quê? Como? **Veritati**, n. 4, p. 73-80, 2004.
- BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., 2001, Caxambu. **Anais...** Rio Janeiro: ANPED, 2001.
- BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2014.
- BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem Matemática & implicações no ensino e na aprendizagem de Matemática**. 2. ed. Blumenau: Edifurb. 2004.
- BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem matemática no ensino fundamental**. Blumenau: Edifurb, 2014.
- BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem na Educação Matemática e na Ciência**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
- BRASIL. Conselho Nacional de Saúde (CNS). Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 abr. 2016. Seção 1, p. 44.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educar é a base**. Brasília: MEC, 2018.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

GARCIA, V. C. V. Formação de Professores de Matemática e Mudanças Curriculares na escola. In: BÚRIGO, E. Z. et al. (Org.). **A matemática na escola: novos conteúdos, novas abordagens**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2012.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais**. 3.ed. Rio de Janeiro: Record, 1999.

GRAY, D. E. **Pesquisa no mundo real**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2012.

LARA, I. C. M.; BIEMBENGUT, M. S. Etnomatemática e modelagem em Ciências e Matemática: possibilidades na formação dos professores. In: LARA, I. C. M.; ROCHA FILHO, J. B.; BORGES, R. M. R. (Org.). **Interdisciplinaridade e inovação na educação em ciências e matemática**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2017.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. 3. ed. rev. e ampl. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.

MORGADO, J. C. **O estudo de caso na investigação em educação**. Santo Tirso – Portugal: De facto editores, 2012.

PUHL, C. S.; FROEHLICH, J. L.; LORENZI FILHO, L. A.; LARA, I. C.M; ROSA, M. P. A. **A modelagem em ciências e matemática: uma proposta interdisciplinar sobre sustentabilidade**. Neuroeducação: emoção e aprendizagem – XXIV SIEduca (livro eletrônico), Cachoeira do Sul: Inbooks, 2019.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed., rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1999.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

Recebido: 26 dez. 2022

Aprovado: 16 out. 2023

DOI: 10.3895/actio.v8n3.16265

Como citar:

PUHL, Cassiano Scott; LORENZI FILHO, Luiz Alberto; FROEHLICH, Juliana Lopes. **ACTIO**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 1-20, set./dez. 2023. Disponível em: <<https://periodicos.utfrpr.edu.br/actio>>. Acesso em: XXX

Correspondência:

Cassiano Scott Puhl

Rua Waldemar Staudt, n. 308, Centro, Vale Real, Rio Grande do Sul, Brasil.

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

