

INTERDISCIPLINARIDADE: EXPERIÊNCIA COM OS ESTUDANTES DE ENSINO MÉDIO SOBRE SUSTENTABILIDADE

Interdisciplinarity: experience with middle school students on sustainability

Cassiano Scott Puhl [c.s.puhl@hotmail.com]

Luiz Alberto Lorenzi Filho [luiz.lorenzi@acad.pucrs.br]

Juliana Lopes Froehlich [juliana.froehlich@acad.pucrs.br]

Isabel Cristina Machado de Lara [isabel.lara@pucrs.br]

Marcelo Amaral-Rosa [marcelo.pradorosa@gmail.com]

*Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Av. Ipiranga, 6681 - Partenon, Porto Alegre - RS, 90619-900*

Recebido em: 14/03/2020

Aceito em: 22/09/2020

Resumo

O artigo apresenta o relato de experiência de uma proposta didática interdisciplinar, desenvolvida em uma turma de 1º ano de Ensino Médio de uma escola pública do município de Porto Alegre, cujo tema é sustentabilidade. A proposta didática tem o objetivo de desenvolver a capacidade crítica nos estudantes e promover aprendizagens sobre sustentabilidade, embasado em conhecimentos sobre a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra. Em busca desses objetivos, os estudantes interagiram com ambientes do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS e foram instigados a construir um modelo de um local ou objeto, explicitando as características que remetem à sustentabilidade. Diante da síntese das ocorrências, verificou-se que a Modelagem em Ciências e Matemática como método de ensino promoveu o envolvimento dos estudantes na execução das atividades planejadas e, conseqüentemente, no processo de aprendizagem. Além disso, constatou-se que os estudantes que construíram o modelo ou que participaram da visita ao museu mostraram um nível maior de argumentação sobre os conhecimentos estudados, se comparado aos demais colegas. Portanto, há evidências que a proposta didática promoveu aprendizagens e desenvolveu o senso crítico nos estudantes, possibilitando a formação cidadãos responsáveis e preocupados com a sociedade e com o meio ambiente em que vivem.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Interdisciplinaridade; Modelagem em Ciências e Matemática.

Abstract

The article presents the experience report of the application of an interdisciplinary didactic proposal for a 1st year high school class of a public school in the city of Porto Alegre, whose theme is sustainability. The didactic proposal aims to develop critical capacity in students and promote learning about sustainability, based on knowledge about the origin of the Universe and the emergence and maintenance of life on planet Earth. In pursuit of these objectives, the students interacted with environments from the PUCRS Science and Technology Museum and were encouraged to construct a model of a place or object, explaining the characteristics that refer to sustainability. Before the synthesis of the occurrences, it was verified that the Modeling in Sciences and Mathematics as teaching method promoted the students' involvement in the execution of the planned activities and, consequently, in the learning process. In addition, it was found that the students who built the model or who participated in the visitation to the museum showed a higher level of argumentation about the knowledge studied, when compared to the other colleagues. Therefore, there is evidence that the didactic proposal promoted learning and developed a critical

sense in students, enabling the formation of responsible citizens concerned with the society and the environment in which they live.

Keywords: Sustainability; Interdisciplinarity; Modeling in Science and Mathematics.

INTRODUÇÃO

A origem do Universo e o surgimento da vida no planeta Terra são assuntos que instigam a curiosidade e debates entre pessoas, levando-as a questionamentos e reflexões tais como: Como surgiu o Universo?; E o planeta Terra?; O ser humano é descendente dos macacos?; Como evoluiu a espécie humana?; A espécie humana ainda está em evolução?; Existem outras formas de vida?; É possível existir vida fora do planeta Terra?. Para responder a esses e outros diversos questionamentos, existem diferentes teorias: teoria do Big Bang; teoria do Universo Oscilante; teoria do Estado Estacionário; teoria Inflacionária; gravidade quântica em loop; criacionista, entre outras (Meneghetti, 2018; Escola Educação, 2018).

Assim, frente a essa diversidade, apesar de não haver um consenso sobre a validade dessas teorias, existe a preocupação em manter o planeta Terra com condições adequadas para ser habitável (Moreira, 2014). Os conhecimentos sobre a origem do Universo e o surgimento da vida no planeta Terra são aportes teóricos para embasar discussões acerca de um terceiro tema: a sustentabilidade, um problema presente na sociedade e que pode ser abordado por diversas áreas do conhecimento.

Na Educação Básica, a sustentabilidade é um tema transversal, pois aborda conhecimentos e situações que permitem o desenvolvimento de “[...] uma sociedade mais justa, democrática e inclusiva, condição para a cidadania e para o aprimoramento do educando como pessoa humana.” (Brasil, 2018, p. 465). Contudo, a prevalência de um ensino descontextualizado e disciplinar dificulta a formação de um cidadão crítico e consciente das suas ações na sociedade (D’Ambrosio, 1997; Vasconcellos, 2008; Fazenda, 2009).

Uma alternativa pedagógica, conforme D’Ambrosio (1997), Lück (2002), Fazenda (2011) e Lara (2017), para romper com o ensino descontextualizado é promover propostas didáticas interdisciplinares, nas quais o estudante possa investigar e compreender um problema presente na sociedade. Desse modo, o estudante torna-se protagonista no processo de aprendizagem e o professor promove a contextualização dos conteúdos escolares, superando a fragmentação, e melhorar a qualidade da educação (Vasconcellos, 2008; Fazenda, 2009; Paula; Harres, 2016).

Diante desse contexto, o objetivo deste artigo é verificar as contribuições de uma proposta didática interdisciplinar, fundamentada nos pressupostos teóricos da Modelagem em Ciências e Matemática como método de ensino, na aprendizagem dos estudantes, em particular, em uma turma de 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Porto Alegre. O desenvolvimento da proposta foi motivado a partir da disciplina *Museu Interativo*, ofertada pelo curso de Pós-Graduação de Educação em Ciências e Matemática da PUCRS, cujo objetivo é propiciar ao acadêmico subsídios teóricos e práticos para que possa construir e aplicar propostas interdisciplinares que tenham como foco o uso do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS (MCT/PUCRS). A proposta didática interdisciplinar apresentada neste artigo foi planejada pelos autores deste artigo, e executada por três deles, sendo um professor de Biologia, um de Física e um de Matemática, que não eram professores titulares da turma, abordando o tema sustentabilidade embasados em conhecimentos sobre a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra.

O artigo está organizado em mais três seções. A primeira, *A interdisciplinaridade e a Modelagem como método de ensino*, apresenta os pressupostos teóricos, definindo os conceitos de

interdisciplinaridade e de modelagem como método de ensino, além de abordar os benefícios que propicia aos processos de ensino e de aprendizagem. Na segunda seção, *A proposta didática interdisciplinar*, justifica-se a escolha da turma na qual se aplicou a proposta didática e descrevem-se, em detalhes, as etapas planejadas e seus respectivos objetivos didáticos. Por fim, nas *Considerações finais* se faz um fechamento da proposta didática, apresentando as suas potencialidades e as suas fragilidades, permitindo com que outros professores adaptem a proposta para seu contexto e a repliquem.

A INTERDISCIPLINARIDADE E A MODELAGEM COMO MÉTODO DE ENSINO

O termo interdisciplinaridade não possui um sentido único e estável, sendo assim, conforme Fazenda (2009, p. 10), “[...] a interdisciplinaridade pode ser compreendida como sendo um ato de troca, de reciprocidade entre as disciplinas ou ciências – ou melhor, de áreas do conhecimento”. O estudo interdisciplinar “[...] permite uma visão diferenciada do mundo, pois uma diversificação dos enfoques em torno do mesmo assunto permite ampliar sua compreensão, descartando alguma ideia preconcebida e abrindo espaço a ideais divergente e criativa.” (Rocha Filho; Basso; Borges, 2006, p. 328). Complementando essa perspectiva, a interdisciplinaridade pressupõe “[...] a colaboração entre as diversas disciplinas ou entre os setores heterogêneos de uma mesma ciência [...], isto é, a uma certa reciprocidade nos intercâmbios, de tal forma que, no final do processo interativo, cada disciplina saia enriquecida.” (Japiassu; Salomão, 1976, p. 75).

No contexto educacional, a interdisciplinaridade busca romper com o ensino fragmentado, proporcionando a integração de diferentes áreas do conhecimento, na contextualização dos conteúdos escolares ou na resolução de um problema real, aproximando educadores e educandos, e promovendo um ensino contextualizado que facilita o processo de aprendizagem (Lück, 2002; Camargo, 2017; Lara, 2017). Contudo, uma abordagem interdisciplinar não se limita em desenvolver o cognitivo do estudante, “[...] não se restringe à sala de aula mas ultrapassa os limites do saber escolar e se fortalece na medida em que ganha a amplitude da vida social.” (Fazenda, 2009, p. 65).

Nesse sentido, a interdisciplinaridade pode ser considerada “[...] uma modalidade inovadora de adequar as atividades de ensino e de pesquisa às necessidades socioprofissionais, bem como de superar o fosso que ainda separa a universidade da sociedade.” (Japiassu; Salomão, 1976, p. 57). Essa modalidade tem o objetivo de “[...] possibilitar elos comuns no intercâmbio entre os conhecimentos e a realidade.” (Paviani, 2018, p. 40), ou seja, superar a visão fragmentada e restrita dos conhecimentos do mundo e compreender a “[...] complexidade da realidade, ao mesmo tempo resgatando a centralidade do homem na realidade e na produção do conhecimento, de modo a permitir ao mesmo tempo uma melhor compreensão da realidade e do homem como o ser determinante e determinado.” (Lück, 2002, p. 60).

Esse objetivo, possivelmente, é atingido pelo esforço, o engajamento e a integração de professores, na busca de elaborar propostas didáticas que privilegiam aspectos da realidade do estudante com o fito de superar o despedaçamento do ensino (Lück, 2002; Fazenda, 2011). Essas propostas didáticas precisam ser planejadas para privilegiar os conhecimentos e o contexto social dos estudantes e proporciona o diálogo, a comunicação, a cooperação entre as diferentes áreas para a compreensão de um conhecimento ou de uma situação da realidade (Lück, 2002; Fazenda, 2011; Paviani, 2018). Sendo assim, a interdisciplinaridade não se restringe à integração entre diferentes áreas de conhecimentos, ou seja, ao campo conceitual e teórico, mas remete-se a uma ação, sendo considerada “[...] o próprio motor dialético de todos os tipos de conhecimento.” (Paviani, 2018, p. 19).

Em relação à organização didática do professor, a interdisciplinaridade é contemplada quando o estudante tem a necessidade ou o interesse em investigar um problema real, no qual necessita utilizar técnicas e compreender conhecimento de distintas áreas, mas que são comunicantes entre si e complementares, para solucionar o problema (Japiassu; Salomão, 1976; Lück, 2002). Desse modo, a resolução de um problema real, requer um estudo interdisciplinar, pois “[...] se realiza entre disciplinas ‘operantes’ ou ‘cooperantes’, quer dizer, entre as ciências que se constroem ao mesmo tempo que constroem o mundo.” (Japiassu; Salomão, 1976, p. 123). É por meio desse processo globalizado, desde o início de sua escolaridade, que o estudante alcançará uma formação integral, contemplando o exercício crítico da cidadania para encarar problemas reais (Lück, 2002; Fazenda, 2011; Paviani, 2018).

Portanto, conforme Lück (2002, p. 51), a interdisciplinaridade

[...] propõe uma orientação para o estabelecimento da esquecida síntese dos conhecimentos, não apenas pela integração de conhecimentos produzidos nos vários campos de estudo, de modo a ver a realidade globalmente, mas, sobretudo, pela associação dialética entre dimensões polares, como por exemplo teoria e prática, ação e reflexão, generalização e especialização, ensino e avaliação, meios e fins, conteúdo e processo, indivíduo e sociedade, etc.

Diante disso, esta proposta pode ser considerada interdisciplinar, pois envolve professores de Biologia, de Física e de Matemática trabalhando juntos para auxiliar os estudantes a resolverem o problema investigado, envolvendo-os no processo de aprendizagem enquanto sujeitos críticos, reflexivos e transformadores do meio social em que está inserido. Adicionado a isso, os conhecimentos envolvidos nesta proposta didática envolvem diferentes áreas, que se complementam, oportunizando que o estudante investigue e busque compreender um problema da sua realidade ou do seu contexto social.

Em termos de organização didática para planejamento da proposta didática decidiu-se considerar os pressupostos teóricos da Modelagem como método de ensino, proposto por Biembengut (2014). A Modelagem é um conceito que apresenta diferentes concepções e definições (Klüber; Burak, 2009), sendo definida, neste artigo, como a “[...] arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual.” (Bassanezi, 2014, p. 24).

A escolha pela Modelagem justifica-se, pois, esse método de ensino modifica o ambiente tradicional da sala de aula, permitindo que o estudante utilize seus conhecimentos para investigar, compreender e resolver um problema real, por meio da elaboração de um modelo (Biembengut, 2014; Bassanezi, 2014). O modelo é definido como “[...] um conjunto de símbolos os quais interagem entre si representando alguma coisa. Essa representação pode se dar por meio de desenho ou imagem, projeto, esquema, gráfico, lei matemática, dentre outras formas.” (Biembengut, 2014, p. 20).

Em relação à organização didática, a Modelagem perpassa as seguintes etapas: 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). Para facilitar a organização do processo da Modelagem, Biembengut (2014) propõe três fases, não disjuntivas, que contemplam as etapas descritas anteriormente, denominadas: *percepção e apreensão*; *compreensão e explicitação*; *significação e expressão*.

Na primeira fase, *percepção e apreensão*, 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).

Na segunda fase, *compreensão e explicitação*, planeja-se e debate-se sobre o processo da elaboração do modelo para resolver o problema de investigação, sendo necessário: identificar os conhecimentos relevantes; formular hipóteses; selecionar o material para a confecção do modelo; elaborar o modelo; e, explicitar a resolução do problema a partir do modelo por meio (Biembengut, 2014).

Na última fase, *significação e expressão*, ocorre o compartilhamento das aprendizagens e dos resultados da proposta didática, avaliando a adequabilidade do modelo como resposta ao problema investigado, ou seja, promove-se a validação do modelo (Biembengut, 2014, p. 24). Caso o modelo não auxilie na resolução do problema, volta-se à segunda fase para formular novas hipóteses e elaborar um novo modelo.

Portanto, a Modelagem como método de ensino propicia um estudo interdisciplinar, 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). Diante disso, a interdisciplinaridade e a Modelagem se complementam e criam condições para tornar o estudante protagonista do processo de aprendizagem. Além disso, proporcionam o desenvolvimento do senso crítico, da autonomia e da criatividade, possibilitando a formação de cidadãos com capacidades e habilidades de construir e conviver em uma sociedade mais justa, igualitária e sustentável (Bassanezi, 2014).

A PROPOSTA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) retrata que os conhecimentos das Ciências da Natureza, no Ensino Fundamental, remetem-se a compreender “[...] conceitos fundamentais e estruturas explicativas da área, analisar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural e tecnológico, além dos cuidados pessoais e o compromisso com a sustentabilidade e a defesa do ambiente.” (Brasil, 2018, p. 470). Em compensação, no Ensino Médio, os estudantes devem ser instigados a utilizar esses conhecimentos “[...] para argumentar, propor soluções e enfrentar desafios locais e/ou globais, relativos às condições de vida e ao ambiente.” (Brasil, 2018, p. 470). Em relação a Matemática, no Ensino Médio, a BNCC busca promover a articulação de conhecimentos:

[...] ações para investigar desafios do mundo contemporâneo e tomar decisões éticas e socialmente responsáveis, com base na análise de problemas de urgência social, como os voltados a situações de saúde, sustentabilidade, das implicações da tecnologia no mundo do trabalho, entre outros, recorrendo a conceitos, procedimentos e linguagens próprios da Matemática. (Brasil, 2018, p. 523).

Em busca de contemplar esses referenciais da BNCC, decidiu-se aplicar uma proposta didática interdisciplinar para uma turma de 1º ano do Ensino Médio, pois os estudantes estão em fase de transição do Ensino Fundamental para o Ensino Médio. Nesta fase de escolarização, os estudantes têm dificuldade em argumentar e propor soluções a um problema social, um dos objetivos do Ensino Médio. Sendo assim, nesta proposta didática foram abordados os conhecimentos de forma teórica, conforme está previsto para o Ensino Fundamental, e de forma prática, na resolução de um problema.

O Quadro 1 sintetiza as etapas, a duração e as atividades previstas na proposta didática, que são detalhadas na seção seguinte. A proposta didática foi planejada para ocorrer em 13 períodos de

50 minutos, durante quatro semanas, sendo aplicada¹ em uma turma de 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Porto Alegre, composta por 42 estudantes dos quais sete estão infrequentes. Além disso, durante a aplicação, observou-se que os estudantes faltavam com frequência às aulas, principalmente devido à ausência de professores em algumas disciplinas e à dificuldade de locomover-se até a escola em dias chuvosos.

Quadro 1: Cronograma das atividades da proposta didática.

Etapa da modelagem	Atividade
Percepção e apreensão (Parte 1)	Apresentação da proposta didática
	Aplicação do questionário sobre as concepções prévias
	Documentário <i>A História do Mundo em Duas Horas</i>
	Discussões iniciais sobre o documentário e inquietações dos estudantes
	Apresentação de tópicos centrais sobre a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra
	Disponibilização do problema de pesquisa aos estudantes: <i>De que modo pode-se desenvolver uma sociedade mais sustentável ambientalmente?</i> Organização de grupos para a construção de um modelo que responda o problema de pesquisa
Percepção e apreensão (Parte 2)	Pesquisa exploratória na <i>web</i> , orientada por perguntas sobre os temas da proposta didática
	Orientação sobre a visita ao Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS e na confecção do modelo
Compreensão e explicação	Organização, deslocamento e visitação ao Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS
Significação e expressão	Roda de conversa sobre os temas estudados
	Apresentação dos modelos para a turma
	Aplicação do pós-questionário avaliativo
	Apresentação dos modelos para a comunidade escolar

Fonte: Elaborado pelos autores.

¹ Destaca-se que os autores deste artigo não são professores titulares da turma, estando na escola, especificamente, para o desenvolvimento da proposta didática interdisciplinar.

SÍNTESE DAS OCORRÊNCIAS

Na primeira semana, com a presença de 27 estudantes, foi explanado a proposta didática e solicitou-se que respondessem um questionário prévio para verificar o nível de compreensão de alguns conhecimentos sobre a origem do Universo, manutenção da vida no planeta Terra e sustentabilidade. O questionário prévio é composto das seguintes perguntas: 1) *Na sua opinião, como ocorreu a origem do Universo?*; 2) *Quais as condições você considera essenciais para existir vida no planeta Terra?*; 3) *A existência de vida em outros planetas é um tema investigado e debatido há décadas por cientistas. Se posicione a favor ou contra a possibilidade de existir vida fora do planeta Terra e apresente argumentos que justifiquem sua escolha.*; 4) *Na sua opinião, o que é sustentabilidade?*; 5) *Quais as possíveis relações que você pensa que existem, se existem, entre origem do universo, origem da vida na Terra e sustentabilidade?*; 6) *Cuidar do planeta Terra é dever de todos os cidadãos. No contexto sociocultural que está inserido, o que você tem observado que mostra a preocupação da sociedade com a preservação do planeta Terra?*; 7) *Que atitudes e ações, na sua opinião, poderiam ser realizadas para ser construída uma sociedade mais sustentável?*

Após a aplicação do questionário prévio, mostrou-se o documentário *A História do Mundo em Duas Horas*², cujo objetivo foi proporcionar a compreensão de conhecimentos, e, principalmente, inquietudes e reflexões sobre os efeitos da ação do ser humano no meio ambiente. Complementando as informações do documentário, realizou-se uma aula expositiva-dialogada, com auxílio de uma apresentação de *slides*³, explicando e questionando os estudantes sobre alguns conteúdos didáticos que estão relacionados ao tema da proposta didática. Além disso, os estudantes escreveram dúvidas e questionamentos sobre os conhecimentos expostos no documentário para, no decorrer da proposta, respondê-los.

As principais dúvidas dos estudantes referiam-se à origem do Universo e à origem da vida, tais como: *o que aconteceria se todas as estrelas explodissem?*; *por que não existe vida na lua?*; *quantas galáxias existem?*; *como se formou o primeiro átomo no universo?*; *tudo que existe foi criado por elementos das estrelas?*; *por que as estrelas explodem?*; *se o oxigênio começou no “mar” com partículas de Ferro, como foi para fora do mar?*; *como a vida surgiu dentro do mar?*; *como surgiu a célula?*; *todos os humanos são aparentados geneticamente?*; *como os continentes foram separados?*

Para finalizar a primeira semana, após as atividades iniciais, que proporcionaram um conhecimento introdutório sobre o tema da proposta didática, questionou-se os estudantes: *De que modo pode-se desenvolver uma sociedade mais sustentável ambientalmente?* Para resolver esse problema, a turma foi organizada em grupos de até cinco estudantes para a construção de um modelo com uma escala definida, de uma maquete construída com materiais recicláveis, sobre um local ou um meio de transporte com características que remetem à sustentabilidade. Os grupos foram organizados e escolheram os locais ou objetos que o modelo representaria: casas; prédio; casa de *pet*; ônibus; cidade.

Na segunda semana, com a presença de 19 estudantes, foram disponibilizadas às seguintes questões para serem respondidas por meio de uma busca de informações na *web*: 1) *Como o Universo surgiu? Faça uma pequena síntese abordando os principais eventos e teorias.* 2) *Quais as condições necessárias para a existência da vida na Terra? Cite em forma de tópicos.* 3) *O que é sustentabilidade e qual a sua importância?* 4) *Faça um esquema relacionando as três temáticas: origem do Universo; origem e manutenção da vida na terra; e, sustentabilidade.* Essas perguntas tiveram o objetivo de orientar e proporcionar um nível maior de compreensão sobre os temas da proposta didática, bem como, fornecer subsídios teóricos para responder e para construir o modelo solicitado na primeira aula. Além

² Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LIRKgKLPpRNA>. Acesso em: 29 de maio de 2019.

³ Disponível em: <https://drive.google.com/open?id=1xkxuBrxD5XOLFZOObLa1KyvwbJrTPDtg>. Acesso em: 14 jun. 2019.

disso, orientaram-se os estudantes sobre a escala utilizada na confecção do modelo e da atividade prevista para a próxima semana, a visita ao MCT/PUCRS.

Na terceira semana, com a presença de sete estudantes, realizou-se a visita ao MCT/PUCRS (Figura 1), sendo orientada pelos três professores que executaram a proposta. Para essa atividade, solicitou-se que a escola elaborasse uma autorização para que os pais dos estudantes permitissem a ida ao MCT/PUCRS. Entretanto, a coordenação da escola esqueceu-se de encaminhar o pedido de autorização, fazendo com que vários pais não permitissem que seu filho participasse da atividade. Além disso, alguns estudantes comentaram que dificilmente a turma faz atividades em ambientes alternativos, pois alguns colegas não se comportam adequadamente fora da sala de aula.



Figura 1: Estudantes que participaram da visita ao MCT/PUCRS

Fonte: Imagem captada pelos autores

A turma foi organizada em dois grupos: o primeiro realizando uma visita guiada pelos professores de Biologia e de Física, proporcionando a coleta de informações relevantes sobre os temas abordados na proposta didática, sem sobrecarregá-lo cognitivamente; e, o segundo, supervisionados pelo professor de Matemática, poderia interagir com outros experimentos e outras áreas de temáticas. Ao término da visita orientada do primeiro grupo, as atividades seriam trocadas, ou seja, o primeiro grupo estaria livre para explorar o museu e o segundo grupo teria a visita orientada. Entretanto, devido à quantidade de estudantes presentes, optou-se por organizar somente um grupo, realizando a visita guiada para, posteriormente, explorar outros ambientes do MCT/PUCRS.

A visita orientada pelos professores de Biologia e de Física ocorreu nos seguintes ambientes e experimentos do MCT/PUCRS:

- *Marcas da Evolução* (Figura 2), localizada no 2º piso, é uma exposição que apresenta a evolução dos seres vivos, destacando as modificações surgidas ao longo do processo evolutivo a partir da seleção natural. A exposição conta com imagens, totens contendo informações teóricas e vídeos explicativos sobre as temáticas que envolvem a evolução das espécies, modelos tridimensionais, coleções didáticas (animais e vegetais) e esqueletos sintéticos que simulam a diversidade de seres vivos, permitindo com que o estudante compare características morfológicas para uma melhor percepção das relações de parentesco entre determinados seres vivos, comprovando assim as marcas da evolução;



Figura 2: Ambiente *Marcas da Evolução* do MCT/PUCRS

Fonte: <http://www.pucrs.br/mct>

- *A origem da vida na Terra*, localizada no 2º piso, é um espaço que aborda a origem do Universo, apresentando teorias acerca de sua formação, sendo a teoria *Big Bang* adotada majoritariamente, e as condições necessárias para a manutenção da vida até os dias atuais. Além de informações, há o experimento de Miller que apresenta uma explicação, a partir de reações químicas que alteram os compostos inorgânicos em orgânicos, para a origem dos seres vivos no planeta Terra;
- *Cabine de sensações*, localizada no 2º piso, é um experimento, composto por cabines, que simulam o tempo, o peso, a superfície e o som dos seguintes corpos celestes: Marte; Terra; Júpiter; e, uma estrela de nêutrons. Na cabine consta um relógio que mostra o período de revolução nos diferentes locais. Nesse experimento, os estudantes sentiram o impacto da força gravitacional ao tentar erguer um objeto de um quilograma, propiciando discussões acerca das diferenças entre massa e peso de um corpo e sua relação com a força gravitacional;
- *Globo mágico* (Figura 3), localizada no 2º piso, é um recurso digital que o estudante pode acessar informações sobre a formação de fenômenos naturais como furacões e marés; além de conferir curiosidades sobre o planeta Terra, sistemas globais, emissões de carbono na atmosfera, bem como, dicas para diminuir o aquecimento global. Sendo assim, o experimento permite conhecer os impactos da ação humana no planeta Terra;



Figura 3: *Globo mágico* do MCT/PUCRS

Fonte: <http://www.pucrs.br/mct>

- *Simulador de órbitas planetárias*, localizada no 2º piso, é um experimento interativo que simula as órbitas dos planetas. Além disso, o experimento apresenta informações sobre a massa, a atmosfera, a temperatura mínima e máxima, o diâmetro e a composição do

planeta. O simulador permite observar a distância dos planetas em relação ao Sol e assim compreender as temperaturas dos planetas e o fato de serem habitáveis ou não;

- *No mundo da lua*, localizada no 3º piso, simula um ambiente de caminhada na Lua, no qual o estudante pode sentir o efeito da aceleração gravitacional (seis vezes menor que a da Terra).

Durante a visita guiada no museu, os estudantes mostraram-se interessados pelos temas estudados, fazendo questionamentos aos professores e ouvindo atentamente as explicações dos monitores, conforme ilustra a Figura 4.



Figura 4: Estudantes atentos às explicações no MCT/PUCRS

Fonte: Imagem captada pelos autores

Além disso, fizeram registros no caderno sobre os temas abordados no questionário prévio: origem do universo; origem e manutenção da vida; sustentabilidade (Figura 5). Após a visita guiada, os estudantes aproveitaram o restante do tempo para explorar e interagir com diferentes experimentos, tais como: a cadeira giratória; o efeito da força da gravidade no aterrissar de um avião; o efeito na alavanca no levantamento de pesos; show de eletrostática com o gerador de Van de Graaf; e outros de Educação Física. Ao final da visita, os estudantes relataram que faltou tempo para explorar e aprender com os outros ambientes do museu. Esse fato pode ser considerado um indicativo do envolvimento dos estudantes na proposta didática e na construção de significados dos conhecimentos envolvidos nos experimentos do MCT/PUCRS.



Figura 5: Estudantes lendo e fazendo anotações no MCT/PUCRS

Fonte: Imagem captada pelos autores

Na última semana, com a presença de 16 estudantes, realizou-se uma roda de conversa para compartilhar as experiências e os conhecimentos aprendidos com a execução da proposta didática, além

de sanar mais algumas dúvidas e formalizar os conhecimentos. Diferente do que ocorreu na primeira etapa, os estudantes não apresentaram questionamentos sobre a origem do Universo e da vida, mas as dúvidas eram sobre o conceito de sustentabilidade. Sobre a aplicação da proposta didática, os estudantes expuseram que foi interessante, pois aprenderam por meio de aulas, que em suas opiniões não foram chatas e repetitivas.

Após o compartilhamento de conhecimentos, solicitou-se que os grupos apresentassem os modelos construídos e explicassem como construíram e quais as características que remetiam à sustentabilidade. Somente dois grupos confeccionaram os modelos, representando uma casa de *pets* e um prédio sustentável que foram expostos no saguão da escola, mostrando o trabalho para a comunidade escolar. Essas foram ideias autênticas, criativas e possíveis de serem desenvolvidas na sociedade.

Os estudantes que construíram o prédio sustentável (Figura 6) adotaram a escala de 3:100 e utilizaram vários recursos para remeter à sustentabilidade, tais como: a captação da água da chuva para banheiros e áreas comuns do prédio; um telhado verde com horta comunitária; a utilização de placas solares e construção de um “cata raios” com o objetivo de captar e armazenar a energia das descargas elétricas oriundas de raios; a disponibilização de lixeiras seletivas; e a construção de um estacionamento com uma vaga para deficiente e com faixa de segurança. Além disso, os estudantes pretendiam mostrar em cada andar do prédio possíveis ações de pessoas para ajudar a preservar o planeta Terra. Entretanto, perceberam que não teriam tempo hábil para fazer essa construção, aplicando essa ideia em um andar, mostrando a encanação de água e o funcionamento da televisão com a energia solar.



Figura 6: Modelo do prédio sustentável construído por estudantes
Fonte: Imagem captada pelos autores

O outro modelo, uma casa de *pets* (Figura 7), foi construído na escala 2:5 com material reciclável, a qual iria armazenar a água da chuva em uma cisterna, aproveitando-a para fazer a lavagem de calçada ou a irrigação de uma horta. Além disso, a casa é cercada por um pátio verde, com grama, que absorve a água das chuvas e a radiação solar, diminuindo o aquecimento. O grupo que fez esse modelo disse que pretende colocá-lo em prática, agregando uma bomba de água na cisterna.



Figura 7: Modelo da casa de *pets* construído por estudantes

Fonte: Imagem captada pelos autores

Por fim, aplicou-se um pós-questionário, similar ao questionário prévio, com a intenção de obter subsídios para verificar as implicações da Modelagem como método de ensino de Ciências e Matemática na aprendizagem de conhecimentos sobre a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra. O pós-questionário é composto das seguintes perguntas: 1) *Depois de participar do projeto, em sua opinião, descreva como ocorreu a origem do Universo?;* 2) *Apresente argumentos para justificar, em sua opinião, as condições consideradas essenciais para existir vida no planeta Terra?;* 3) *A existência de vida em outros planetas é um tema investigado e debatido há décadas por cientistas. Se posicione a favor ou contra a possibilidade de existir vida fora do planeta Terra e apresente argumentos que justifiquem sua escolha.;* 4) *Em sua opinião, o que é sustentabilidade? Descreva situações exemplificando como uma pessoa pode tornar a sociedade mais sustentável ambientalmente.;* 5) *Quais as possíveis relações que você pensa que existem, se existem, entre origem do universo, origem da vida na Terra e sustentabilidade? 6) De que forma a visita ao Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS auxiliou na compreensão dos conteúdos abordados nas questões anterior?.* A seguir apresentam-se algumas considerações sobre a aplicação da proposta didática interdisciplinar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresenta uma proposta didática interdisciplinar, aplicada em uma turma de 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Porto Alegre, que abordou o tema sustentabilidade embasados em conhecimentos sobre a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra. Os resultados descritos são consequências da utilização da Modelagem em Ciências e Matemática como método de ensino que motivou a participação da maioria dos estudantes na execução das atividades. Esse método de ensino instigou o estudante a resolver um problema real da sociedade, compreendendo os conhecimentos envolvidos e utilizando a criatividade na construção de um modelo.

Diante disso, a descrição da síntese das ocorrências revela indicativos de que a proposta didática desenvolveu a capacidade crítica e criativa nos estudantes, conforme prevê a BNCC. No processo de resolução do problema investigado pelos estudantes, houve a necessidade de compreender as transformações do planeta Terra, a evolução do ser humano e a importância da preservação do meio ambiente, contemplando a seguinte habilidade da BNCC: “[...] justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.” (Brasil, 2018, p. 543). Desse modo, a proposta didática propiciou

novas aprendizagens aos estudantes e momentos para refletirem sobre as ações dos seres humanos na sociedade e da necessidade de cuidar do planeta Terra.

Um indício dessa perspectiva é observado nos seguintes relatos dos estudantes: *“Eu aprendi mais sobre a origem do universo em detalhes. Isso foi bem legal. Além disso, de conhecer mais, percebi a necessidade de fazer ações sustentáveis para preservar a Terra”* (Estudante F); *“Essa proposta foi importante para conscientizar sobre os cuidados com o meio ambiente e com a vida na Terra”* (Estudante A); e *“Eu achei bem legal a ideia do projeto, foi super criativo, nós aprendemos muitas coisas que são essenciais para a vida. Obrigado mesmo. Eu amei!”* (Estudante D). Esses relatos assinalam que a proposta didática promoveu a formação de cidadãos para sociedade, ou seja, sujeitos críticos, reflexivos e capazes de mudar a realidade – seja na escola, em casa ou na comunidade –, implementando ações para o consumo consciente dos recursos naturais e de preservação do meio ambiente.

Essas habilidades foram desenvolvidas com o auxílio dos recursos didáticos disponíveis no MCT/PUCRS, no qual os estudantes interagiram com experimentos e vivenciaram situações que envolveram conhecimentos sobre a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra. Além disso, os monitores do MCT/PUCRS explicaram as condições essenciais para existir vida em outro planeta e curiosidades sobre os corpos celestes. Os seguintes escritos dos estudantes apresentam indicativos dessa perspectiva: *“No museu refletimos e aprendemos várias coisas, como, por exemplo, a diferença do nosso peso em outros planetas, por causa da influência da gravidade. Esse fato me fez refletir e chamou atenção em saber que os planetas são diferentes e reais”* (Estudante G); e *“Aprendi bastante lá [MCT/PUCRS] com os experimentos e palestras de cientistas do museu”* (Estudante B).

Além de aprender conhecimentos das Ciências da Natureza, evidenciou-se que os estudantes que construíram o modelo sustentável aprenderam sobre razão e proporção, contemplando uma habilidade da Matemática, prevista pela BNCC: “[...] utilizar estratégias, conceitos [...] para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente.” (Brasil, 2018, p. 523). Contudo, infelizmente, somente dois grupos desenvolveram essa habilidade e construíram um modelo para responder o problema investigado. Esse fato, possivelmente, ocorreu porque a construção do modelo foi uma atividade extraclasse, a qual requisitou empenho e organização dos estudantes fora da sala de aula.

Apesar desse fato, os estudantes relataram que gostaram de participar das atividades. Entre algumas respostas, destacam-se: *“Apesar de não ter vindo em todas as aulas, eu percebi que as aulas de vocês são bem legais e interessantes”* (Estudante E); *“Eu aprendi bastante, gostei bastante das aulas diferentes, achei uma experiência nova”* (Estudante J); *“Achei bem interessante à proposta, acho que deveríamos ter mais períodos assim”* (Estudante H) e, ainda, *“O projeto foi muito bom, pois aprendemos de uma forma diferente das aulas tradicionais”* (Estudante I). Isso indica que a Modelagem em Ciências e Matemática como método de ensino promoveu o envolvimento dos estudantes na execução das atividades planejadas e, conseqüentemente, no processo de aprendizagem.

Em relação à aprendizagem de conceitos, no questionário sobre as concepções prévias, os estudantes não tinham uma ideia ou definição formada sobre o significado do tema sustentabilidade. Os estudantes apresentavam definições superficiais, relacionando o tema a: natureza, dinheiro, finanças, equilíbrio e sustentação da sociedade. No questionário final, há indícios que os estudantes compreenderam esse tema, sendo que a maioria das definições apresentadas pode ser exemplificada por essas: *“Sustentabilidade é saber aproveitar o que o planeta nos dá, sem prejudicá-lo, como exemplo, aproveitar a água da chuva para lavar o pátio”* (Estudante D); *“Sustentabilidade é um*

meio de utilizar os recursos naturais sem esgotá-los e sem prejudicar gerações futuras. Economia de energia, reciclagem e reutilização da água” (Estudante B).

Além disso, ao término da aplicação da proposta didática, constatou-se que os estudantes que construíram o modelo ou que participaram da visitação ao museu mostraram um nível maior de argumentação sobre os conhecimentos estudados, se comparado aos demais colegas. Isso pode ser constatado na última etapa da proposta didática interdisciplinar, na apresentação dos modelos para a comunidade escolar, no qual dois modelos de maquetes que remetiam à sustentabilidade foram apresentadas por estudantes.

Durante a apresentação, observou-se a capacidade de argumentação desses estudantes, mostrando indícios de compreensão dos conceitos estudados e relacionaram com situações do cotidiano e que não foram abordadas nas aulas. Os demais estudantes, os que não fizeram a maquete, sabiam expressar alguns conceitos estudados, mas não os associaram com o cotidiano. Diante disso, têm-se indicativos que esses estudantes conseguiram estabelecer relações entre os conhecimentos estudados: a origem do Universo e o surgimento e manutenção da vida no planeta Terra com o tema sustentabilidade, conforme é observado no relato do estudante: “*A sustentabilidade tem como base preservar os recursos gerados com a formação da vida [...] é uma tentativa de manter o planeta em condições habitáveis para que as gerações futuras não sofram com a nossa falta de consciência*”.

Por fim, considera-se que proposta didática interdisciplinar, fundamentada nos pressupostos teóricos da Modelagem em Ciências e Matemática como método de ensino promoveu aprendizagens e desenvolveu o senso crítico na maioria dos estudantes, formando cidadãos responsáveis e preocupados com a sociedade, com o meio ambiente e com a manutenção de condições básicas para a sobrevivência dos seres vivos no planeta Terra. Além disso, ressalta-se a importância do desenvolvimento e do compartilhamento de propostas didáticas, aos professores de Educação Básica, que incentivem e auxiliem no desenvolvimento da autonomia dos estudantes, tornando-os sujeitos ativos não somente dentro da sala de aula, mas sim, na sociedade como um todo atuando como agentes de transformação da realidade.

REFERÊNCIAS

- Bassanezi, R. C. (2014). *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. 4. ed. São Paulo: Contexto.
- Biembengut, M. S. (2014). *Modelagem matemática no ensino fundamental*. Blumenau: Edifurb.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular: Educar é a base*. Brasília: MEC.
- Camargo, S. T. (2017). Mapeamento de artigos sobre interdisciplinaridade produzidos no Brasil no período de 2000 a 2009/65. In: Lara, M. C. I.; Rocha Filho. B. J. & Borges. R. M. R. (Org.). *Interdisciplinaridade e Inovação na Educação em Ciências e Matemática*. Porto Alegre: EdUPUCRS.
- D’ Ambrosio, U. (1997). *Transdisciplinaridade*. São Paulo: Palas Athena.
- Escola Educação. (2018). *Conheça as principais teorias e explicações para a origem do Universo*. Acesso em 17 jun. 2019, <https://escolaeducacao.com.br/a-origem-do-universo/>.
- Fazenda, I. C. A. (2011). *Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa*. 18. ed. Campinas: Papirus.
- Fazenda, I. C. A. (2009). *Práticas interdisciplinares na escola*. 11. ed. São Paulo: Cortez.

- Japiassu, H.; & Salomão, J. (1976). *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago.
- Klüber, T. E. & Burak, D. (2009). Concepções de modelagem matemática: contribuições teóricas. *Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, 10(1). Acesso em 17 jun. 2019, <https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/1642>.
- Lara, I. C. M. (2017). Mapeamento das dissertações e teses sobre interdisciplinaridade produzidas no Brasil no início do século XXI. 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.
- Lück, H. (2002). *Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos*. 10.ed. Petrópolis, RJ: Vozes.
- Meneghetti, D. (2018). Além do Big Bang, há outras teorias para a origem do universo? *Superinteressante*, Rio de Janeiro. Acesso em 17 jun. 2019, <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/alem-do-big-bang-ha-outras-teorias-para-a-origem-do-universo/>.
- Moreira, I. B. (2014). *O encontro entre visões de mundo sobre a temática Origem da Vida: uma análise sobre as concepções de estudantes de um curso pré-vestibular*. Trabalho de conclusão (Licenciatura em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Acesso em 17 jun. 2019, <http://hdl.handle.net/10183/117632>.
- Paula, A. & Harres, J. (2016). Teoria e prática no “Educar pela Pesquisa”: análise de dissertações em educação em ciências. *Revista Contexto & Educação*, 30(96), 156-192. Acesso em 17 jun. 2019, <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/4390>.
- Paviani, J. (2008). *Interdisciplinaridade: conceitos e distinções*. 2.ed. rev. Caxias do Sul: EDUCS.
- Rocha Filho, J. B.; Basso, N. R. S. & Borges, R. M. R. (2015). *Transdisciplinaridade: a natureza íntima da educação científica*. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- Vasconcellos, C. S. (2008). *Avaliação: concepção dialética-libertadora do processo de avaliação escolar*. 13. ed. São Paulo: Libertad.