

# MODELAGEM MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: ALGUNS ASPECTOS DA PRODUÇÃO BRASILEIRA NA ÚLTIMA DÉCADA



Vol. 12 Número 24 Jan./Abr. 2017

*Ahead of Print*

## MATHEMATICAL MODELING AND ENVIRONMENTAL EDUCATION: ASPECTS OF SOME BRAZILIAN PRODUCTION IN THE LAST DECADE

**Daniana de Costa<sup>1</sup>**

**Edilson Pontarolo<sup>2</sup>**

**Edival Sebastião Teixeira<sup>3</sup>**

**RESUMO:** Este artigo apresenta resultados de um levantamento bibliográfico referente à produção acadêmica brasileira sobre Modelagem Matemática e Educação Ambiental no período de 2006 a 2016. Os dados foram obtidos por meio de uma busca realizada nas bases de dados *SciELO*, Banco de Teses da Capes, sítios de programas de pós-graduação em Ensino de Matemática e Google Acadêmico. A busca revelou a existência de pelo menos quatro dissertações, nove artigos em periódicos científicos e cinco trabalhos completos publicados em eventos relacionados ao ensino de matemática. Foram identificados três focos temáticos relativos às aproximações entre a modelagem e EA: Modelagem Matemática e a reflexão sobre problemas ambientais; Modelagem Matemática e a conscientização sobre problemas ambientais; Modelagem Matemática e suas influências para possíveis mudanças de atitudes. As relações explicitadas em cada foco temático foram representadas por meio de mapas conceituais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação Matemática; Focos temáticos; Mapas conceituais.

**ABSTRACT:** This paper presents a bibliographic survey of Brazilian academic production on Mathematical Modeling and Environmental Education published in Portuguese from 2006 to 2016. A literature search was carried out in Google Scholar, Brazilian postgraduate programs in Mathematics Education, CAPES databank of Brazilian theses, and SciELO databases. The search revealed the existence of at least four master dissertations, nine articles published in scientific journals and five full papers

<sup>1</sup>Professora de Matemática no Ensino Fundamental da Rede Municipal de São Lourenço do Oeste-SC. Mestranda em Desenvolvimento Regional da UTFPR, Campus Pato Branco. Linha de pesquisa: Educação e Desenvolvimento. danianadecosta@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Doutor em Informática na Educação pela UFRGS. Professor do Mestrado em Desenvolvimento Regional da UTFPR, Campus Pato Branco. eponarolo@utfpr.edu.br.

<sup>3</sup>Doutor em Educação pela USP e pós-doutor em Psicologia Ambiental pela Universidade de Évora e em Educação pela UFPR. Professor do Mestrado em Desenvolvimento Regional da UTFPR, Campus Pato Branco. edival@utfpr.edu.br.

published in events related to mathematics teaching. Three main thematic focuses were characterized: Mathematical modeling and reflection on environmental problems; Mathematical modeling and awareness of environmental problems; Mathematical modeling and awareness of ecological problems; Mathematical Modeling and its influences for possible changes of attitudes. The explicit relations in each thematic focus were represented through concept maps.

**KEYWORDS:** Mathematical Education; Thematic focus; Conceptual maps.

## Introdução

A Modelagem Matemática tem sido utilizada como estratégia de ensino e aprendizagem da matemática, mediante a qual situações da realidade são transpostas para a situação de aprendizagem escolar (TEIXEIRA; COSTA; PERUZZO, 2007).

Segundo Biembengut e Hein (2011) na literatura existem diversas definições para modelagem, pois existem várias formas de produzir modelagem. De maneira geral, na Educação Matemática, essa estratégia de ensino está delimitada como a construção de modelos matemáticos no processo pedagógico cujo “[...] conjunto de símbolos e relações matemáticas que traduzem de alguma forma, um fenômeno em questão ou situação real, denomina-se “modelo matemático”” (BIEMBENGUT; HEIN, 2011, p. 12, grifo nosso).

Conforme Almeida, Silva e Vertuan (2012, p. 15), “O modelo matemático, nesse caso, é o que “dá forma” à solução do problema e a Modelagem Matemática é a “atividade” de busca por esta solução”. Nesse sentido, Bassanezi (2010) considera a modelagem como uma estratégia de ensino e aprendizagem capaz de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos com a intenção de resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real. Desse modo, pode-se dizer que este processo consiste na criação de um modelo matemático para o aspecto da realidade sobre o qual se deseja atuar.

Por meio da modelagem é possível levar os estudantes a investigar situações do seu cotidiano confrontando o mundo real e o universo da matemática. Dentre as investigações em situações com modelagem, D’Ambrósio (2001) afirma ser urgente tratar das questões ambientais no contexto escolar argumentando que dificilmente estas questões poderão ser abordadas sem o auxílio da matemática. Nesse sentido, segundo D’Ambrósio (2001) é notória a importância da modelagem para a transposição da problemática ambiental para a disciplina de matemática. Além disso, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) estabelecem o Meio Ambiente como um tema transversal, portanto que deve ser abordado de maneira integrada às diferentes áreas e disciplinas (BRASIL, 1997).

Silveira (2007) destaca que dentre os principais focos de pesquisa em modelagem na Educação Matemática brasileira, mapeados em dissertações e teses concluídas até o ano de 2005, há uma predominância de temáticas relacionadas ao meio ambiente. Com efeito, manteve-se a temática das relações entre ensino de matemática e questões ambientais como objeto de inúmeras investigações na última década.

O objetivo deste artigo é apresentar resultados de um levantamento bibliográfico referente à produção acadêmica brasileira sobre modelagem e Educação Ambiental no período de 2006 a 2016. A análise da produção identificada permitiu identificar os focos temáticos relativos às aproximações entre a modelagem e EA. Recorreu-se ao uso de mapas conceituais para explicitar as relações identificadas nesses trabalhos, pelo fato dos mapas conceituais se constituírem como um tipo de ferramenta para organização e representação do conhecimento (ALMEIDA; MOREIRA, 2008) e para esquematizar uma estrutura mais organizada das informações no modelo gráfico para a representação do conhecimento definido por conceitos (RODRIGUES; CERVANTES, 2015).

O texto está organizado em três tópicos. Inicialmente demonstramos que a

modelagem tem sido utilizada como prática pedagógica de EA e advogamos em favor de uma abordagem crítica de EA. Na sequência apresentamos a metodologia utilizada para a construção do trabalho e no último tópico, a partir da análise dos trabalhos selecionados, organizamos as aproximações observadas entre modelagem e EA em focos temáticos que apresentam as similaridades entre os trabalhos pertencentes a cada um dos focos.

### **Modelagem matemática e educação ambiental na perspectiva crítica**

Ao tratar da Educação Matemática e Ambiental, Caldeira (1998, p.16) utiliza a modelagem para justificar que “[...] quantificando problemas ambientais, teremos uma visão mais clara do fenômeno que está ocorrendo no ambiente, criando assim a oportunidade para poder atuar no sentido de modificar alguns aspectos a qualidade do ambiente estudado.” Assim sendo, a temática do meio ambiente tem conquistado espaço na modelagem.

Ao corroborar com essa ideia, Meyer, Caldeira e Malheiros (2013) ressaltam que o processo de modelagem poderá possibilitar aos estudantes julgar os resultados obtidos e verificar que tipo de reflexões os quais poderão provocar sobre a problemática que está sendo estudada. Para esses autores, portanto, faz-se necessário quantificar aspectos dos problemas ambientais, construir e desenvolver ferramental matemático para permitir a avaliação desses fenômenos, bem como a atuação sobre os mesmos.

De acordo, Munhoz (2011, p. 7) afirma que “[...] a conexão entre a Educação Ambiental e a Educação Matemática pode apontar possíveis soluções para problemas ambientais, como nos casos com Modelagem Matemática”. Sobretudo, esta aproximação possibilita que sejam considerados além dos aspectos biológicos do ambiente, as questões socioambientais e a relação homem natureza.

No tocante a EA no contexto escolar, Munhoz (2011) pondera que essa educação deve ser tida como prioritária, tendo em vista que a mesma trata de problemas complexos e cruciais para a vida no planeta. Contudo, a autora critica o fato de que a EA venha sendo desenvolvida superficialmente nas escolas por meio de tópicos nas disciplinas de Biologia e/ou Geografia, “aproximando-se mais do ensino de Ecologia do que dos problemas reais e complexos que o mundo tem enfrentado e que deveriam ser tratados na escola de forma interdisciplinar e/ou transversal” (MUNHOZ, 2011, p. 2).

Para exemplificar a relação entre a matemática e meio ambiente foram observados alguns trabalhos encontrados em períodos anteriores ao ano de 2006. Seibert (2005) desenvolveu projetos com estudantes da 8ª série cujo conteúdo matemático partiu de questões específicas da problemática ambiental da realidade e que foram apontadas pelos próprios estudantes. De maneira semelhante, no trabalho de Groenwald e Filipsen (2003) os assuntos abordados para o processo de modelagem estavam relacionados ao consumo de energia elétrica, plantio de morangos e o uso de agrotóxicos, crescimento populacional e a produção de alimentos em turmas da 1ª série do Ensino Médio. Já a ação pedagógica desenvolvida por Ferreira e Wodewotki (2005) com alunos do 3º ano do Ensino Médio objetivou modelar situações procedentes da temática água, lixo e energia elétrica.

Por outra parte, ainda parece persistir a associação que muitos professores fazem entre EA e disciplinas como a Geografia e Ciências (PENEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010). Assim, é importante a disseminação da ideia de que as várias disciplinas “[...] devem oferecer os subsídios necessários que contribuam no sentido de levar os estudantes a refletir, esclarecer e expressar suas impressões e valores quanto ao meio ambiente regional e/ou global.” (PENEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010, p. 620).

Por esse motivo, a EA não deve ser concebida apenas como a disseminação de um conjunto de conteúdos relativos às relações entre sociedade e natureza. E nesse sentido, estamos de acordo com autores como Guimarães (2004), Loureiro (2012) e Tozoni-Reis

(2008), quanto a que somente por meio de uma abordagem crítica da educação em geral, da ambiental em particular, é possível uma ampliação na compreensão do mundo e do repensar das relações eu-eu, eu-outro, eu-nós no mundo.

Dentre as diferentes fundamentações teóricas de EA e da educação, a perspectiva crítica subsidia uma leitura de mundo mais complexa e instrumentalizada para contribuir na transformação da complexa realidade socioambiental. Nesse contexto, as ações pedagógicas visam superar a mera transmissão de conhecimentos supostamente ecologicamente corretos e ações de sensibilização, por meio da criação de um ambiente crítico, ou seja, visando o desenvolvimento do senso crítico em relação a problemática ambiental (GUIMARÃES, 2004).

Por essa razão, o propósito da EA na perspectiva crítica alinha-se com a Educação Libertadora proposta por Freire (2005), na qual prevalece o caráter reflexivo e um constante desvelamento da realidade. Ou seja, busca a emersão das consciências visando a inserção crítica na realidade. Nesse sentido, não há espaço para o depósito, transferência ou transmissão de conhecimentos e valores aos educandos visto que há uma relação dialógica entre educador e educando para o crescimento de ambos.

Ao observar os pressupostos da perspectiva crítica da EA nota-se que a mesma está em sentido contrário ao que é proposto pela EA conservadora pelo fato desta considerar que apenas a transmissão do conhecimento “correto” poderá fazer com que o indivíduo compreenda a problemática ambiental e então seu comportamento e a sociedade serão transformados. Além disso, na perspectiva conservadora, a teoria se sobrepõe à prática, o conhecimento é desvinculado da realidade, o local é descontextualizado do global, a relação homem e natureza é desintegrada, prevalece o antropocentrismo, há dificuldade em pensar a totalidade complexa e a prática pedagógica é objetivada na transformação do comportamento dos sujeitos (TOZONI-REIS, 2008; GUIMARÃES, 2004; LOUREIRO, 2012).

Diante disso, pressupomos que a perspectiva sociocrítica da modelagem pode subsidiar um trabalho de EA na perspectiva crítica no sentido de que por meio de práticas pedagógicas que se valem desta perspectiva de modelagem seja possível segundo Jacobini e Wodewotzki (2006 apud ALMEIDA; SILVA, 2010, p. 225) “[...] possibilitar ao aluno, além da aprendizagem de conteúdos, reflexões, reações e/ou ações acerca da situação que está sendo investigada.”

A perspectiva sociocrítica da modelagem está inserida no contexto da Educação Matemática Crítica (EMC), em que há uma preocupação em

[...] desenvolver habilidades que vão além do conhecimento matemático e permitem ao estudante uma participação crítica em sociedade para entender e discutir questões políticas, sociais, econômicas nas quais a matemática é usada como “pano de fundo” (SKOVSMOSE, 2001 apud ALMEIDA; SILVA, 2010, p. 225).

Em consonância com os autores citados anteriormente, a dimensão crítica da EMC tem o propósito de dar ênfase a uma educação que não vise apenas o repasse de informações, mas que capacite os estudantes para o comprometimento com questões culturais, sociais e políticas da sua realidade.

## **Metodologia**

O levantamento bibliográfico de que trata este artigo limitou-se ao período da última década pelo fato de que alguns trabalhos que versam sobre essa temática e que foram publicados em período anterior não terem sido encontrados na íntegra no meio eletrônico.

A busca dos trabalhos que compuseram o *portfólio bibliográfico* foi realizada nas bases de dados Scielo, Banco de Teses da Capes, sítios de programas de pós-graduação

zrelacionados ao ensino de matemática e no Google Acadêmico. Para tanto foram utilizadas combinações das palavras-chave *Modelagem Matemática*, *Educação Ambiental*, *meio ambiente*, *Educação Matemática* e *ensino de matemática*. Por meio da combinação dessas palavras-chave foram obtidos 1583 trabalhos publicados entre 2006 e 2016, dentre teses de doutorado, dissertações de mestrado, artigos em periódicos, trabalhos completos em eventos e livros.

O banco de dados bruto foi submetido a um processo de filtragem devido à redundância de trabalhos, quanto ao reconhecimento científico e alinhamento do título, resumo e texto integral, por se tratar de livros ou por abordar a modelagem relacionada a outros temas. Nesse sentido foram descartados 1510 trabalhos e restaram 73 para análise pelo fato de ter relação mais estreita com as expressões de busca predefinidas. Em seguida ainda houve um descarte de 54 trabalhos por motivo de repetição nas bases de dados, ou então por ser encontrado o artigo e a dissertação do mesmo autor. Neste caso, foi selecionado somente o artigo para compor o portfólio bibliográfico. Ao realizar uma leitura minuciosa desses trabalhos verificou-se que alguns apresentam relação entre matemática, meio ambiente e resolução de problemas, tema gerador ou transversalidade, desse modo não foram selecionados. Ao final desse processo de análise restaram dezoito trabalhos, os quais compuseram o portfólio bibliográfico de que trata este artigo.

Mediante a análise foi possível caracterizar focos temáticos na produção selecionada que trata de aproximações entre modelagem matemática e a prática da EA. Durante a leitura do portfólio foi se percebendo elementos comuns nos trabalhos para composição dos focos temáticos. A maior parte dos elementos comuns está descrita pelos autores dos trabalhos ao longo do texto e o restante está de maneira implícita, portanto mediante a leitura desses trabalhos foi analisado qual seria o elemento mais adequado ao descrito pelo autor.

### **Focos temáticos identificados nas aproximações entre modelagem matemática e educação ambiental**

Os focos temáticos identificados nos trabalhos foram assim denominados: Foco 1 - Modelagem Matemática e a reflexão sobre problemas ambientais; Foco 2 - Modelagem Matemática e a conscientização sobre problemas ambientais; Foco 3 - Modelagem Matemática e suas influências para possíveis mudanças de atitudes (Quadro 1).

Nos focos 1 e 2 foram utilizados os termos reflexão e conscientização porque os mesmos foram identificados nos trabalhos analisados quando o autor se reporta a um “produto” decorrente do uso da modelagem quando se tem como “pano de fundo” um problema ambiental.

<b>Foco Temático</b>	<b>Publicações</b>
Modelagem Matemática e a reflexão sobre problemas ambientais	Rocha e Bisognin (2009), Gerônimo e Vertuan (2009), Faustino, Bertasso e Silva (2009), Penreiro e Ferreira (2012), Portella, Neto e Manfio (2012), Pagung (2016).
Modelagem Matemática e a conscientização sobre problemas ambientais	Ferreira e Wodewotzki (2007), Santos e Bisognin (2007), Leite, Ferreira e Srich (2009), Oliveira et al., (2015), Chaves (2013), Lima (2014), Santos e Melo (2016).
Modelagem Matemática e suas influências para possíveis mudanças de atitudes	Chaves e Espírito Santo (2008), Caldeira e Soares (2008), Penreiro, Ferreira e Leite (2010), Caldeira (2013).

Quadro 1 - Focos temáticos identificados e respectivas publicações.

Fonte: Autoria própria.

Os conceitos encontrados na relação entre modelagem e EA observados em cada foco temático foram representados por meio de mapas conceituais. Nos quais, os conceitos e relações são apresentados de forma hierárquica usualmente colocados dentro de elipses ou retângulos e conectados por linhas e frases de ligação (palavras ou expressões) que representam as relações entre esses conceitos formando proposições e caminhos proposicionais (ALMEIDA; MOREIRA, 2008).

### **Modelagem Matemática e a reflexão sobre problemas ambientais**

No primeiro foco temático foram evidenciados os trabalhos cuja modelagem constituiu-se como um meio para conduzir o educando a refletir sobre a realidade ambiental que está sendo modelada. Esse é o caso dos trabalhos de Rocha e Bisognin (2009), Gerólomo e Vertuan (2009), Faustino, Bertasso e Silva (2009), Penereiro e Ferreira (2012), Portella, Neto e Manfio (2012) e Pagung (2016).

Inferimos que as concepções sobre reflexão contidas nesses trabalhos estão relacionadas com a etimologia da palavra, a qual é “[...] derivada da palavra reflexo que vem do latim re “outra vez, novamente” mais flexus “dobrado, refletido” do verbo flectere, “dobrar”.”. Isto é, “[...] um processo mental em que voltamos ou “dobramos” nosso pensamento para um assunto” (ORIGEM DA PALAVRA, 2017). Assim, reflexão é um processo de “pensamento, meditação, raciocínio” (BUENO, 1974) com o qual o educando possa buscar uma compreensão mais profunda de um problema, neste caso, do problema ambiental que está sendo modelado.

Rocha e Bisognin (2009) desenvolveram a prática com modelagem em uma escola pública com os alunos da 8ª série do Ensino Fundamental envolvendo o tema “Plantação de Eucaliptos”. A implementação das atividades permitiu aos alunos a compreensão sobre a preservação do meio ambiente além de analisar as vantagens e desvantagens do plantio de eucalipto para o bioma da região.

Gerólomo e Vertuan (2009) discutem sobre os pressupostos pedagógicos da modelagem e relacionam esta estratégia pedagógica ao tema Efeito Estufa pelo fato dos meios de comunicação trazer à tona constantemente as implicações desastrosas dos fenômenos naturais. Portanto, diante deste problema ambiental, busca por meio da modelagem refletir sobre o plantio de árvores como uma alternativa para amenizar este efeito indesejável.

Faustino, Bertasso e Silva (2009) constroem o modelo matemático com professores de um curso de Licenciatura em Matemática sobre a atividade agropecuária. Por meio da modelagem foi possível refletir sobre o impacto ambiental causado pela crescente atividade agropecuária e sobre as consequências para o ambiente decorrentes da mesma.

Portella, Neto e Manfio (2012) objetivaram fazer previsões a respeito da quantidade de lixo acumulada para os anos subsequentes no município de Tupanciretã-RS e que espaço este lixo ocuparia em um determinado terreno. Para tanto, modelaram questões relacionadas aos resíduos sólidos no município. Afirmam que além da modelagem proporcionar conhecimento em diversas áreas de pesquisa, propicia uma tentativa para refletir sobre os problemas ambientais.

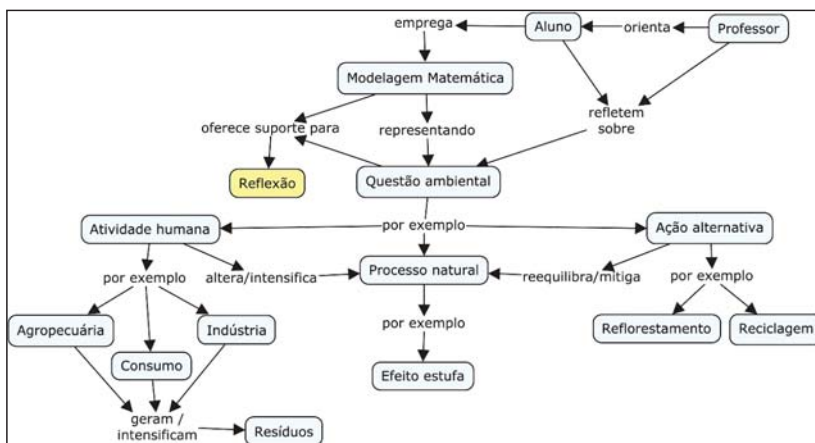
Penereiro e Ferreira (2012) desenvolveram a atividade com modelagem junto com um grupo de alunos universitários com o objetivo de identificar possíveis tendências nos índices de precipitações pluviométricas e de vazões em alguns rios do Estado de São Paulo. Assim a questão ambiental que está sendo considerada está relacionada com as mudanças climáticas. Os resultados obtidos podem alertar para as implicações das mudanças ambientais.

Valendo-se da perspectiva crítica da modelagem e do tema reciclagem, Pagung

(2016) desenvolveu a prática pedagógica numa turma de alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. A autora ressalta que a maioria dos estudantes conheceu melhor o trabalho de reciclagem realizado pelos catadores de resíduos e pôde refletir sobre as conseqüências do consumo no mundo contemporâneo que, embora implique em geração modesta de renda, tem sua importância para aqueles trabalhadores como meio de subsistência.

A Figura 1 apresenta um mapa conceitual que sintetiza as principais relações identificadas nos trabalhos agrupados nesse foco temático.

Figura 1 – Mapa conceitual do foco temático I: Modelagem Matemática e a reflexão sobre problemas ambientais  
Fonte: Autoria própria.



Esses trabalhos foram agrupados neste foco temático basicamente porque identificam a modelagem como uma possibilidade para refletir sobre os problemas ambientais na disciplina de matemática. Dessa forma, verifica-se que esta estratégia pedagógica, ao abordar uma problemática ambiental para ser modelada pode conduzir o processo educativo à reflexão sobre o objeto que estiver sendo investigado naquele momento pelo fato dos dados, inteiração, modelo e os resultados envolvidos no processo de modelagem apontar para uma situação que conduza a reflexão e até mesmo para possíveis soluções de determinados problemas ambientais. Além disso, observa-se que a modelagem pode servir como alternativa pedagógica para o desenvolvimento do senso crítico, como no trabalho de Pagung (2016) e para compreensão dos conceitos matemáticos num âmbito formativo e significativo, como no proposto por Gerólomo e Vertuan (2009).

#### Modelagem Matemática para a conscientização sobre problemas ambientais

Nesse grupo foram elencados os trabalhos mais antigos, como o de Ferreira e Wodowotzki (2007) e o de Santos e Bisognin (2007). Além destes, encontram-se os trabalhos de Leite, Ferreira e Srich (2009), Oliveira et al. (2015), e as dissertações de Chaves (2013) e Lima (2014) e o trabalho mais recente, das autoras Santos e Melo (2016).

Entendemos que o termo “conscientização” utilizado pelos autores dos trabalhos também está alinhado ao sentido etimológico da palavra, como “ação de se tornar consciente de alguma coisa, ideia, sentimento, problema social”, considerando a ação pedagógica de conscientizar como “Tornar alguém consciente da grandeza ou do perigo de um problema social [...]” (BUENO, 1974). Consciência por sua vez “[...] vem do Latim

conscientia “senso moral, conhecimento de si mesmo” (ORIGEM DA PALAVRA, 2017), isto é, tem a ver com a capacidade de agir de acordo com a moral frente a uma problemática.

Portanto, reflexão tem a ver com pensar profundamente sobre os problemas ambientais, enquanto que conscientização é um passo mais adiante do que pressupõe a reflexão. Conscientização seria já não apenas a tomada de ciência do problema, mas a adoção de uma predisposição para agir diante do problema ambiental.

Para Loureiro (2012, p.33) “[...] o processo de conscientização se caracteriza pela ação com conhecimento, pela capacidade de fazermos opções, por se ter compromisso com o outro e com a vida.” Logo, conscientização seria já não apenas a tomada de ciência do problema, mas a adoção de uma predisposição para agir (pró ativa) diante do problema ambiental. Por outra parte, Tozoni-Reis (2008) relata que tanto em suas pesquisas quanto nos documentos dos eventos internacionais sobre meio ambiente e EA, a ideia de conscientização tomou diferentes sentidos, por exemplo, mudanças de comportamentos, aquisição/transmissão de conhecimentos técnicos científicos, a ideia de ética ou valores.

Ferreira e Wodewotzki (2007) escolheram os temas água, lixo, desmatamento e energia elétrica para a ação pedagógica com modelagem desenvolvida com alunos da 7ª série do Ensino Fundamental. Segundo as autoras, a junção da matemática com as questões ambientais, além de despertar um maior interesse do aluno pelo aprendizado dessa disciplina, pôde torná-los mais consciente, críticos e reflexivos.

Santos e Bisognin (2007) desenvolveram a prática com modelagem valendo-se dos temas poluição do ar, do solo e das águas foi realizada numa turma de 8ª série de uma escola pública da cidade de Santa Maria – RS. A atividade possibilitou aos alunos discutir com mais profundidade sobre os temas abordados, conscientizando-se da sua importância devido à compreensão e análise das consequências da poluição ambiental.

Leite, Ferreira e Scrich (2009) abordaram temas como o crescimento de peixes, poluição do ar e agrotóxicos para o desenvolvimento da prática com modelagem. No tocante à EA, discutem sobre o proposto na Agenda 21 e sobre as orientações para o desenvolvimento da EA nas Conferências da ONU. Acreditam que as questões do meio ambiente nas aulas de matemática constituem a porta de intercâmbio para mudanças de comportamentos e da consciência dos valores culturais. Justificam que a escolha dos temas ambientais para a modelagem se dá pelo fato da sua importância e necessidade para a conscientização e comprometimento do aluno com o ambiente em que participa.

Chaves (2013) utilizou a modelagem como um recurso de ensino aprendizagem no Ensino Médio para o estudo da problemática da recuperação do Rio Tietê. Portanto, discute sobre a poluição hídrica, ou seja, estuda a poluição industrial e doméstica do Rio Tietê. Afirma que a finalidade do trabalho consiste na transformação de estudantes em cidadãos conscientes, que tenham compromisso e respeito ao meio ambiente.

Lima (2014) propôs a construção de um projeto com modelagem com os estudantes de um pré-vestibular popular utilizando a sustentabilidade como tema gerador. Segundo o autor, os alunos adquiriram consciência em relação ao consumo de água devida o estudo sobre este assunto.

Oliveira et al., (2015) aplicaram um projeto de pesquisa com alunos do 1º ano do Curso Técnico em Edificações. Utilizaram a modelagem para o estudo da casa ecológica a fim de que os discentes possam apresentar os conhecimentos adquiridos no aprendizado da matemática e edificações com a EA contribuindo para a consciência ambiental das futuras gerações que poderão perpetuar esta concepção.

Santos e Melo (2016) simularam um projeto de implantação de um sistema de energia solar fotovoltaico em uma escola municipal de educação infantil, utilizam a modelagem para analisar a viabilidade para a instalação do sistema e o custo da economia gerada. A proposta do trabalho é voltada para alunos do Ensino Médio e do Fundamental.

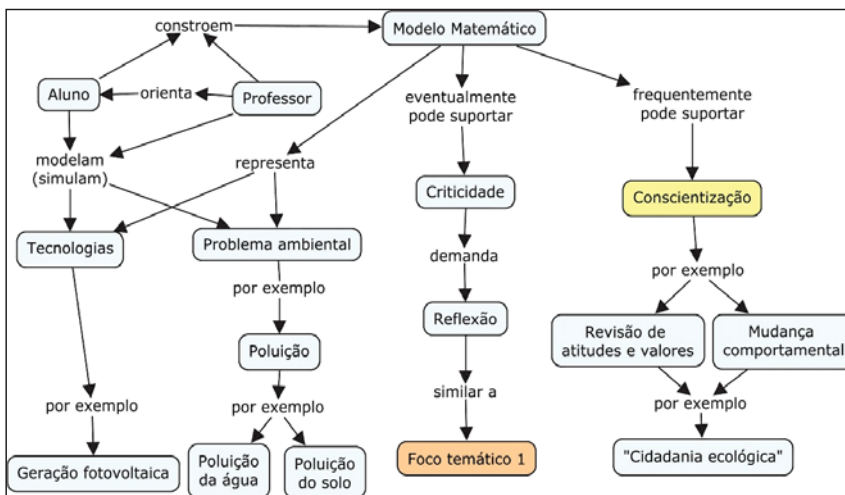


Acreditam que a EA na escola possibilita a criticidade no aluno e a discussão sobre uma postura de vida mais consciente.

Acreditam que as práticas com modelagem, compreendidas nesse foco, permitiram ao estudante conhecer melhor a realidade ambiental de tal maneira que o mesmo pôde se auto examinar no intento de uma predisposição para agir. Sobretudo, alguns trabalhos apontam para a reflexão e a criticidade a respeito da problemática ambiental, similarmemente ao proposto em trabalhos do foco temático 1.

A Figura 2 apresenta um mapa conceitual que visa sintetizar as principais relações identificadas nos trabalhos agrupados no foco temático 2.

**Figura 2** – Mapa conceitual do foco temático 2: Modelagem Matemática e a conscientização sobre problemas ambientais



Fonte: Autoria própria.

### **Modelagem Matemática e suas influências para possíveis mudanças de atitudes**

O terceiro foco temático trata dos trabalhos que apontam a modelagem como um meio pelo qual seja possível influenciar o estudante para possíveis mudanças de atitudes perante a natureza. Nesse conjunto encontram-se os trabalhos de Chaves e Espírito Santo (2008), Caldeira e Soares (2008) e os artigos de Rocha e Bisognin (2009), Penreiro, Ferreira e Leite (2010) e Caldeira (2013).

Chaves e Espírito Santo (2008) apresentaram a modelagem como um método de ensino e aprendizagem para cursos regulares no primeiro trabalho. Nesse sentido, a proposta é aplicada numa turma de 1º ano do Ensino Médio valendo-se da temática relacionada à água. Com relação às questões ambientais tratadas nas atividades com modelagem os autores afirmam não poder dizer muita coisa quanto a mudança de atitudes dos alunos, no entanto, infere que a abordagem parece ter influenciado de alguma maneira as opiniões dos alunos quanto ao uso da água, o que pode ser considerado como um indicativo para mudanças de atitudes.

Caldeira e Soares (2008) desenvolveram as atividades com modelagem junto a professoras das séries iniciais do Ensino Fundamental. Os modelos matemáticos obtidos

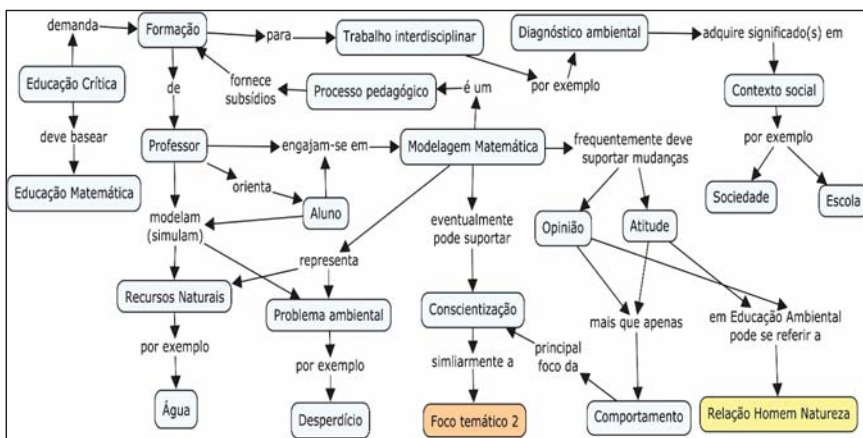
surgiram a partir de um diagnóstico ambiental coletivo realizado em uma ilha do Litoral Paranaense. O tema “Água” foi escolhido pelas participantes da pesquisa para o trabalho com modelagem. Os autores apontam para a necessidade de aproximação entre a Educação Matemática e a Educação Crítica, além de destacar a importância da transposição da análise das questões do contexto social para o ambiente escolar. Chama atenção ter sido proposto para as professoras a tarefa da identificação dos fenômenos ambientais locais para as práticas pedagógicas. Nesse sentido, as participantes foram pesquisadoras dos problemas ambientais e da matemática necessária para o desenvolvimento dos modelos. Além disso, os autores sugerem a modelagem como aliada para provocar mudanças no meio ambiente pela ação dos indivíduos frente ao problema ambiental identificado.

Penereiro, Ferreira e Leite (2010) propuseram o tema fontes de energia para ser explorado para uma prática com modelagem tanto em nível de Ensino Médio quanto em nível Superior. Sugerem a confecção de um aquecedor de água com material de baixo custo com o intuito de analisar a viabilidade de sua instalação numa residência de família de baixa renda. No artigo discorrem sobre o consumo exagerado e a extração de recursos naturais e ressaltam que as práticas com EA não devem somente visar a transmissão de conhecimento sobre o meio ambiente, mas também a mudança de atitude dos indivíduos e da sociedade.

Caldeira (2013) apresentou um ensaio sobre as possibilidades da incorporação do conceito de sociedade sustentável na formação de professores de matemática por meio da modelagem. O autor destaca que o mais importante no processo da modelagem não é a construção do modelo em si, mas as reflexões que surgem durante o processo pedagógico. Acredita que se houver discussão dos assuntos tratados na sala de aula e a comunidade, por exemplo, as ações propostas poderão ser concretizadas, ou ainda, as ações e reflexões poderão ser implantadas na consciência dos alunos e professores para uma mudança de comportamento.

A Figura 3 apresenta um mapa conceitual que visa sintetizar as principais relações identificadas nos trabalhos agrupados no foco temático 3.

Figura 3 – Mapa conceitual do foco temático 3: Modelagem Matemática e suas influências para possíveis mudanças de atitudes



Fonte: Autoria própria.

O que converge nos trabalhos pertencentes a este grupo é o fato de que a abordagem sobre as questões ambientais parece ter influenciado a opinião dos estudantes sobre a problemática ambiental investigada, indicando possíveis mudanças de atitudes. Além

do mais, a discussão e integração entre os conteúdos matemáticos e as questões ambientais permitindo a compreensão por parte dos discentes da importância da preservação do meio ambiente.

Contudo, a dissertação de Oliveira (2013) mostra por meio da modelagem algumas possibilidades de contextualização de conteúdos para o ensino e aprendizagem da matemática nos três níveis de ensino valendo-se de um sistema de tratamento e distribuição de água. Por conseguinte, este trabalho não se enquadra em nenhum dos focos temáticos delineados no presente trabalho pelo fato de apresentar a modelagem de uma maneira pragmática, restringindo-se essencialmente a modelagem e aos modelos assim obtidos como objetos do processo pedagógico sem, no entanto, preocupar-se com uma maior contextualização da temática ambiental.

### **Considerações finais**

Ao considerar as práticas pedagógicas que vêm sendo desenvolvidas e que envolvem a matemática e as questões ambientais, acredita-se que é possível difundir um trabalho com EA na disciplina matemática e, sobretudo, a modelagem pode ser considerada como uma estratégia pedagógica que permite relacionar a matemática e meio ambiente num trabalho que poderá apresentar até mesmo características interdisciplinares. A relativa popularidade do meio ambiente nos trabalhos com modelagem supostamente se deve ao fato de ser um tema transversal previsto na legislação, bem como à popularização da temática ambiental.

Referente à problemática ambiental explorada nos trabalhos, observou-se que existem temas recorrentes como água, energia, desmatamento e tratamento dos resíduos sólidos. Uma pequena parte dos trabalhos discute sobre coletividade, interdisciplinaridade e as questões tecnológicas e suas influências nos impactos ambientais durante as práticas com modelagem. Alguns autores valem-se da EMC quando propõem atividades com modelagem com o intento de desenvolver a criticidade e a reflexão, pois esta abordagem favorece aos estudantes o compromisso crítico com respeito à vida social e política. Quanto à EA Crítica, não houve uma descrição explícita das características desta perspectiva em nenhum dos trabalhos analisados. A perspectiva crítica de educação mencionada ou refere-se a Educação Matemática ou a Modelagem Matemática.

Tendo em vista que a modelagem não está inserida no modelo que Paulo Freire chama de “bancário”, mas está para a valorização entre a matemática e a realidade cotidiana – que deve ser inerente ao docente – o que sugere que o professor deve conduzir o educando a uma consciência crítica, pois são nas ações, na práxis, que o homem toma consciência de si, dos outros e do mundo.

Nesse sentido, embora a modelagem não seja uma prática caracterizada como tradicional, observamos que grande parte dos trabalhos apresenta traços conservadores de EA pelo fato de considerar características da concepção naturalista de meio ambiente, ou seja, por analisar os aspectos ecológicos do meio ambiente (REIGOTA, 2007). Assim, pode não existir um entendimento crítico por parte dos estudantes das dimensões econômicas, históricas, biológicas e sociais dos problemas socioambientais, não questionando as verdadeiras raízes do problema, e, reproduzindo a ideologia e os valores do próprio sistema no qual estamos inseridos (DIAS; BOMFIM, 2011). Conseqüentemente, não considerando uma compreensão globalizante de meio ambiente, conforme o proposto pela EA Crítica. Isso fica mais evidente nos trabalhos identificados com ideias como “conscientização” e “mudança de atitude”, pois estas são características típicas de uma perspectiva conservadora, segundo interpretação de autores que propõem sua superação por meio de uma EA Crítica (GUIMARÃES, 2004; LOUREIRO, 2012). Entretanto, acreditamos que um

trabalho com modelagem, de acordo com a EMC, poderá favorecer um trabalho de EA Crítica, pois alguns de seus pressupostos se alinham.

O processo de mapeamento conceitual permitiu evidenciar alguns dos principais elementos identificados nos trabalhos analisados. Essa síntese conceitual buscou destacar os conceitos e relações convergentes entre os trabalhos associados a cada foco temático, bem como o contraste entre os focos, e também as eventuais sobreposições destes.

Uma das contribuições desse trabalho para o campo de pesquisa da modelagem na Educação Matemática se deve ao fato de que ao identificar os aspectos e possíveis aproximações da modelagem com a EA na produção acadêmica brasileira, verifica-se que o mesmo aponta para a necessidade de se ampliar e estimular a discussão da temática ambiental na disciplina de matemática. Sendo assim, estudos mais aprofundados sobre o tema e/ou esses trabalhos poderão ser feitos, inclusive no intento de difundir práticas críticas de EA

## Notas

<sup>4</sup>Estamos utilizando o termo modelagem como sinônimo de Modelagem Matemática.

<sup>5</sup>Almeida e Silva (2010, p. 223) apoiados em Blum e Niss (1991) assumem como realidade “[...] qualquer situação que possa ser idealizada, estruturada e simplificada com a finalidade de ser investigada sob o prisma de “um problema que permita uma abordagem por meio da matemática”.

<sup>6</sup>No texto, EA significa Educação Ambiental.

<sup>7</sup>Estamos usando a expressão portfólio bibliográfico para nos reportarmos à seleção dos trabalhos mais aderentes à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. W.; SILVA, A. Por uma Educação Matemática Crítica: Modelagem Matemática como alternativa. **Educ. Matem. Pesq.**, São Paulo, v. 12, n.2, p. 221-241, mai./ago., 2010.

ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem matemática na educação básica**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 2012.

ALMEIDA, O. V.; MOREIRA, M. A. Mapas conceituais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos da óptica física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 30, n.4, p. 1-7, out./dez., 2008.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2010.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem matemática no ensino**. 5 ed. São Paulo, Contexto, 2011.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN: Meio Ambiente e Saúde**. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Fundamental. Brasília, 1997.

BUENO, F. S. **Grande dicionário etimológico-prosódico da língua portuguesa: vocábulos, expressões da língua geral e científica, sinônimos, contribuições do tupi-guarani**. São Paulo: Brasília, 1974.

CALDEIRA, A. D. **Educação Matemática e Ambiental**: um contexto de mudança. 1998. 553f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Faculdade de Educação, UNICAMP, Campinas-SP, 1998.

CALDEIRA, A. D. Formação de professores de matemática para uma sociedade sustentável: contribuições da Modelagem Matemática. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, Campo Mourão-PR, v.2, n.2, p. 10-18, jan./jun., 2013.

CALDEIRA, A. D.; SOARES, M. T. C. Modelagem Matemática de fenômeno ambiental e as práticas escolares de professores das Séries Iniciais do litoral do Paraná. **Série-Estudos - Periódico do Mestrado em Educação da UCDB**, Campo Grande-MS, v.2, n. 26, p. 113-123, jul./dez. 2008.

CHAVES, M. I.; ESPIRITO SANTO, A. O. Modelando matematicamente questões ambientais relacionadas com a água a propósito do ensino e aprendizagem de funções na 1ª série do Ensino Médio. **Revista Amazônia**, Belém-PA, v. 4, n. 7 (jul./dez. 2007) e 8 (jan./jun. 2008), p.30-43, 2008.

D'AMBROSIO, U. Desafios da educação matemática no novo milênio. **Educação Matemática em Revista**, Brasília-DF, ano 8, n. 11, p. 14-17, dez. 2001.

DIAS, B. de C.; BOMFIM, A. M. do. A "TEORIA DO FAZER" EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA: uma reflexão construída em contraposição à Educação Ambiental Conservadora. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: ENPEC, 2011. p.1-9.

FAUSTINO, M. C.; BERTASSO, A. M.; SILVA, K. A. P. Aumento crescente da agropecuária e o conseqüente impacto ambiental: uma atividade de Modelagem Matemática. In: ENCONTRO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2009, Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: EPREM, 2009. p.614-622.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 47. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FERREIRA, D. H. L.; WODEWOTSKI, M. L. L. Modelagem Matemática e Educação Ambiental: uma experiência com alunos do Ensino Médio. **Revista de Educação**, Campinas, v. 1, n. 18, p. 125-134, jun.2005.

FERREIRA, D. H. L.; WODEWOTSKI, M. L. L. Modelagem Matemática e Educação Ambiental: uma experiência com alunos do Ensino Fundamental. **Zetetiké Revista de Educação Matemática**, Campinas, v. 15, n. 28, p. 63-86, jul./dez. 2007.

GERÔLAMO, A. M. L.; VERTUAN, R. E. Modelagem Matemática e o Efeito Estufa. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, VI, 2009, Londrina. **Anais...** Londrina: CNMEM, 2009. p.1-15.

GROENWALD, L.; FILIPSEN, R. M. J. Educação matemática e Educação Ambiental: educando para o desenvolvimento sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, IV, 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENPEC, 2003. p.1-13.

GUIMARÃES, M. Educação Ambiental crítica. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente /

Secretaria Executiva / Diretoria de Educação Ambiental (Org.). **Identidades da educação ambiental brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004, p. 25-35.

JACOBINI, O. R.; WODEWOTZKI, M. L. L. Uma reflexão sobre a modelagem matemática no contexto da educação matemática crítica. **Bolema**, Rio Claro, v. 19, n. 25, p. 71-88, jan./jun. 2006.

LEITE, M. B. F.; FERREIRA, D. H. L.; SCRICH, C. R. Explorando conteúdos matemáticos a partir de temas ambientais. **Ciência & Educação**, Bauru-SP, v. 15, n. 1, p. 129-38, jan./abr. 2009.

LIMA, M. A. **O conceito de sustentabilidade em ambiente de Modelagem Matemática**. 2014. 122f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Instituto de Matemática e Estatística, UFRGS, Porto Alegre-RS, 2014.

LOUREIRO, C. F. B. **Trajatória e Fundamentos da Educação Ambiental**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

MEYER, J. F. C. A.; CALDEIRA, A. D.; MALHEIROS, A. P. S. **Modelagem em Educação Matemática**. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2013.

MUNHOZ, R. H. “Depredação do patrimônio escolar”: um trabalho envolvendo Educação Ambiental e Educação Matemática. In: ENCONTRO “PESQUISA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL”, VI, 2011, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: EPEA, 2011. p. 1-12.

OLIVEIRA, L. **Modelagem Matemática no tratamento e na distribuição de água**: propostas para o ensino de matemática. 2013. 141f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, UFSM, Santa Maria-RS, 2013.

OLIVEIRA, A. M. L. de. et. al. Modelagem Matemática e a edificações: refletindo sobre a consciência ambiental dos discentes do IFPR/ Campus Foz do Iguaçu. In: SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS E MATEMÁTICA, III, 2015, Jataí. **Anais...** Jataí: IFGO, 2015. p.254-263.

ORIGEM DA PALAVRA. Website de etimologia. Disponível em: <<http://origemdapalavra.com.br>>. Acesso em: 17 jan. 2017.

PAGUNG, C. M. D. **Construção do conceito de função em um ambiente de Modelagem Matemática**: estudo da renda de uma associação de reciclagem de resíduos sólidos. 2016. 133f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática) - Centro de Referência em Formação e em Educação a Distância, IFES. Vitória-ES, 2016.

PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L. A Modelagem Matemática aplicada às questões ambientais: uma abordagem didática no estudo da precipitação pluviométrica e da vazão de rios. **Millenium - Journal of Education, Technologies, and Health**, Viseu-Portugal, v. 17, n. 42, p.27-47, jan./jun. 2012.

PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L.; LEITE, M. B. F. Aplicando modelos matemáticos para decidir a viabilidade da instalação de um aquecedor solar de baixo custo. **Educ. Matem. Pesq.**, São Paulo-SP, v. 12, n.3, p. 619-638, set./dez. 2010.

PORTELLA, T. V.; NETO, N. O.; MANFIO, C. G. Modelando o “tamanho” do lixo. In: ESCOLA DE INVERNO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E 1º ENCONTRO NACIONAL PIBID-MATEMÁTICA, III, 2012, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: III EEMAT, 2012. p. 1-10.

REIGOTA, M. **Meio ambiente e representação social**. 7. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2007.

ROCHA, K. L. S.; BISOGNIN, E. Educação Ambiental na prática de sala de aula: contribuições da Modelagem Matemática. **Revista SBEM RS**, Rio Grande do Sul, v.2, n. 10, p. 21-27, jul./dez. 2009.

RODRIGUES, M. R.; CERVANTES, B. M. N. Análise de assunto e mapas conceituais: semelhanças nos processos. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte - MG, v.20, n.4, p.35-56, out./dez. 2015.

SANTOS, L. M. M.; BISOGNIN, V. Modelagem Matemática por meio do tema poluição do ar, do solo e das águas. **Vidya**, Santa Maria-RS, v. 24, n. 42, p. 125-144, jul./dez. 2007.

SANTOS, E. F.; MELO, K. C. A Educação Matemática e a temática ambiental: construindo conhecimento sobre geração de energia com sistema solar fotovoltaico. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUC. MATEMÁTICA, XII, 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: XII ENEM, 2016, p. 1-11.

SEIBERT, T. E. **Matemática e Educação Ambiental**: uma proposta com projetos de trabalho no ensino fundamental. 2005. 198f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Diretoria de Pós-Graduação, PROPPG, ULBRA, Canoas-RS, 2005.

SILVEIRA, E. **Modelagem Matemática em Educação no Brasil**: entendendo o universo de teses e dissertações. 2007. 208f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Setor de Educação, UFPR, Curitiba-PR, 2007.

TEIXEIRA, E. S.; COSTA, D.; PERUZZO, M. A Pedagogia da Alternância e a Modelagem Matemática: aproximações de propósitos? **Espaço Pedagógico**, Passo Fundo-RS, v. 14, n. 1, p. 56-68, jan./jun. 2007.

TOZONI-REIS, M. F. C. **Educação Ambiental**: natureza, razão e história. 2. ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2008.3

**Recebido em: 09/09/2016**

**Aprovado em: 13/02/2017**