



## MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE FÍSICA: UMA ABORDAGEM PARA O ESTUDO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

Gabriela Helena Geraldo Issa Mendes  
Universidade Estadual do Norte do Paraná  
gabriela.mendes@uenp.edu.br

### Resumo

O baixo desempenho em disciplinas como Matemática e Física, tem levado professores e pesquisadores a buscarem alternativas metodológicas para um ensino que envolva situações reais e despertem a curiosidade, criatividade e criticidade dos estudantes durante o processo de construção do conhecimento. A Modelagem Matemática se apresenta como uma estratégia didática para desenvolver ambientes de investigação em sala de aula que privilegiem a reconstrução e a aplicação de conceitos científicos. Este artigo apresenta um recorte de tese que propôs uma abordagem didática baseada na Modelagem Matemática, com o objetivo de promover uma discussão epistemológica a respeito de modelos científicos a partir do tema 2ª Lei de Newton. Nele serão apresentados dados referentes à atividade, “Gravidade variável”, e suas análises. A investigação situa-se em uma perspectiva qualitativa de cunho interpretativo, e apresenta resultados que indicam que a Modelagem contribuiu com o processo de compreensão do fenômeno físico, ‘aceleração da gravidade’, por meio de um processo investigativo.

**Palavras-chave:** Educação Matemática. Ensino de Física. Leis de Newton.

### Introdução

Há tempos temos vivenciado uma crise no Ensino de Ciências e Matemática no Brasil. Provas internacionais, como o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), e nacionais, como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), indicam que o desempenho dos alunos brasileiros nestas disciplinas é insatisfatório. Como professores atuantes na Educação Básica, vemos alunos desmotivados, desacreditados e convictos de que as disciplinas de exatas são muito difíceis.

No ensino de Física, muitos professores atribuem o insucesso do desempenho dos alunos em Física à falta de domínio de conteúdos matemáticos. Esse atributo de vilã, conferido à Matemática, é reflexo de um ensino de Física puramente matemático, cheio de fórmulas prontas e, muitas vezes, sem a discussão do porquê de utilizá-las

Esse uso excessivo de fórmulas no ensino de Física tem sido um dos grandes responsáveis pelo baixo desempenho dos alunos na disciplina, e por esta razão, pesquisadores da área têm se empenhado em buscar alternativas ao excesso de formalismo matemático.

Moreira (2000, p. 98), diz que o ensino de Física no Ensino Médio deve passar por uma mudança radical e abordar uma “Física não dogmática, construtivista, para a cidadania, com ênfase em modelos, situações reais, elementos próximos, práticos e vivenciais do aluno, do concreto para o abstrato [...]” entre outros.

Pensando em metodologias que atendam a essas características citadas por Moreira (2000), a Modelagem Matemática apresenta-se como uma estratégia didática capaz de promover tais características no ensino de Física.

Cury (2003) caracteriza a Modelagem Matemática como uma estratégia didática que por meio de um ensino contextualizado e interdisciplinar, em que problemas da realidade são transformados em modelos matemáticos, favorece o ensino e a aprendizagem.

Nesta perspectiva, este trabalho tem por objetivo apresentar uma das atividades, e suas discussões, desenvolvidas na tese intitulada “Modelagem Matemática e Construção Epistemológica de Modelos Científicos: Uma Abordagem para o Ensino de Física” (Issa-Mendes, 2018), que elaborou uma abordagem didática por meio da Modelagem Matemática, como estratégia didática no ensino de Física, com o objetivo de construir modelos científicos na Física. Neste artigo, serão apresentados dados referentes à primeira atividade, “Gravidade variável”, e suas análises.

### **Modelagem Matemática na Educação Matemática**

Autores da Educação Matemática apresentam diferentes perspectivas a respeito da Modelagem Matemática. De modo geral, a Modelagem Matemática tem por objetivo construir uma solução para um problema não matemático por meio da Matemática (Bassanezi, 2004).

Para Bassanezi (2004, p.16), “a Modelagem Matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”.

Almeida, Silva e Vertuan (2012, p. 15), consideram que uma atividade de Modelagem Matemática se inicia a partir de uma situação problemática e tem como característica a possibilidade de abordar assuntos do cotidiano, “caracterizando-se como um conjunto de procedimentos mediante o qual se definem estratégias de ação do sujeito em relação a um problema”.

A Modelagem Matemática é entendida como um processo. Autores que trabalham com a Modelagem Matemática formularam diversas etapas que compreendem o processo de modelagem. Em geral, são compostos por uma etapa de conhecimento do problema e seus dados, uma etapa referente à matematização, ou à construção do modelo matemático, e finalmente à validação do modelo final.

Neste trabalho, adotou-se o esquema simplificado de Bassanezi (2002), chamado de “atividades intelectuais da Modelagem Matemática”, sendo composto por cinco etapas: experimentação, abstração, resolução, validação e modificação.

1- *Experimentação* – É uma atividade essencialmente laboratorial onde se processa a obtenção de dados.

2- *Abstração* – É o procedimento que deve levar à formulação dos Modelos Matemáticos. Nesta fase, procura-se estabelecer:

a) Seleção das variáveis.

b) Problematização ou formulação aos problemas teóricos numa linguagem própria da área em que se está trabalhando.

c) Formulação de hipóteses.

d) Simplificação.

3- *Resolução* – O modelo matemático é obtido quando se substitui a linguagem natural das hipóteses por uma linguagem matemática coerente.

4- *Validação* – É o processo de aceitação ou não do modelo proposto.

5- *Modificação* – Alguns fatores ligados ao problema original podem provocar a rejeição ou aceitação dos modelos (Bassanezi, 2002, p. 26 - 30).

A Modelagem Matemática também é compreendida como estratégia didática, ao proporcionar discussões dos problemas a serem modelados e incentivar a ação efetiva dos indivíduos no processo de modelagem, contribuindo para a aprendizagem do estudo em questão e estimulando os discentes a fazerem Ciência.

Almeida, Silva e Vertuan (2012), apresentam a Modelagem Matemática como uma alternativa pedagógica na qual se faz uma abordagem, por meio da Matemática, de uma situação problema. Segundo os autores, atividades conduzidas de acordo com esta alternativa apresentam as seguintes características fundamentais:

a) Envolve um conjunto de ações cognitivas do indivíduo;

b) Envolve a representação e manipulação de objetos matemáticos;

c) É direcionada para objetivos e metas estabelecidas e/ou reconhecidas pelo aluno (Almeida; Silva; Vertuan, 2012, p.17).

Para os autores supracitados, atividades de Modelagem Matemática com tais características, constituem-se em atividades investigativas em que o “aluno modelador” se envolve em ações cognitivas.

### **Modelagem Matemática no Ensino de Física**

A Modelagem Matemática, por ter um caráter abrangente e poder de síntese, pode ser utilizada em outras Ciências, como Física, Química ou Biologia por exemplo (Bassanezi, 2002).

Muitos estudantes têm dificuldade em disciplinas de Física, por ter muitas fórmulas e por não conseguirem correlacionar os conceitos ensinados com elementos do seu cotidiano. Atividades de Modelagem Matemática são uma alternativa para mudar este cenário.

A introdução de modelagem no processo ensino/aprendizagem tende a desmitificar esta imagem da Física, possibilitando uma melhor compreensão do seu conteúdo e contribuindo para o desenvolvimento cognitivo em geral, pois modelagem facilita a construção de relações e significados, favorecendo a aprendizagem construtivista [...] (Veit; Teodoro, 2002, p. 88).

De acordo com Moreira (2014, p. 10), a Modelagem Matemática “está presente na construção de teorias científicas, em particular de teorias físicas. Em decorrência, a Modelagem Matemática deveria também estar presente no Ensino de Ciências, particularmente da Física”. Segundo Cury (2003),

[...] o uso da Modelagem Matemática no Ensino de Ciências, em qualquer nível, pode ser uma forma de trazer questionamentos a alunos e professores, despertando a reflexão e o espírito crítico tão necessários para ter educação científica ao invés de treinamento para resolução de problemas padronizados (Cury, 2003, p.14).

Considerando as características apresentadas da Modelagem Matemática e visando uma alternativa metodológica para o Ensino de Física, elaborou-se uma abordagem didática cujo objetivo foi investigar se a Modelagem Matemática, no Ensino de Física, propiciava a reconstrução de modelos científicos pelos estudantes. Dentre inúmeros assuntos relevantes na Física, optou-se em abordar o conceito da 2ª Lei de Newton por ser um modelo científico, por ser um assunto abordado no Ensino Médio e pelo fato de ser um assunto pouco explorado em atividades de Modelagem Matemática.

Para tanto, Issa-Mendes (2018) elaborou três atividades que teve como foco principal, a formulação da 2ª Lei de Newton, sendo elas: a) Gravidade Variável, que tinha como objetivo encontrar o modelo  $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ ; b) Rotatória como redutor de velocidade, elaborada com o objetivo de os participantes construírem o modelo  $F = m \cdot \frac{v^2}{2}$ ; e c) Eficiência dos airbags, que tinha como objetivo a construção do modelo conhecido como teorema do impulso,  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$ .

### **Desenvolvimento Metodológico**

Esta investigação situa-se em uma perspectiva qualitativa de cunho interpretativo. Para Bogdan e Biklen (1994), esse tipo de investigação apresenta uma natureza descritiva, na qual os pesquisadores têm um interesse maior no processo e nos seus significados do que nos resultados ou produtos.

As atividades de Modelagem Matemática foram analisadas segundo a sequência de etapas proposta por Bassanezi (2002), sendo elas: 1- experimentação, 2- abstração, 3- resolução, 4- validação e 5- modificação.

As atividades elaboradas, bem como a aplicação de um questionário prévio e posterior, foram abordadas em um minicurso de 20 horas na Universidade Estadual de Londrina no ano de 2017, para alunos de graduação em Física e Matemática. O minicurso contou com 20 participantes, 11 eram estudantes de Física, sendo nove de licenciatura e dois de bacharelado, e nove eram estudantes de Matemática, sendo sete de licenciatura e dois de bacharelado.

Neste artigo, será apresentado os dados referentes à primeira atividade, “Gravidade variável”, e suas análises.

*Atividade: Gravidade Variável.*

O objetivo desta atividade era que os participantes chegassem ao modelo  $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ , por meio da Modelagem Matemática, e também que, sabendo que a aceleração da gravidade ( $g$ ) é variável, os discentes encontrassem um modelo para calcular  $\vec{g}$  em diferentes latitudes no nível do mar.

Foi apresentado um texto, extraído de Lopes (2008), que oferece uma discussão a respeito da aceleração da gravidade não ser constante, ao contrário, ser variável de acordo com a latitude e altitude, uma discussão relevante visto que é pouco abordada no Ensino Médio em que a aceleração da gravidade é apresentada como  $10\text{m/s}^2$ . Após o texto<sup>1</sup>, foi apresentada a seguinte situação problema:

A tabela a seguir apresenta valores da aceleração da gravidade em diferentes latitudes, ao nível do mar, e o peso de uma pessoa com massa de 80kg.

Latitude	Aceleração da Gravidade ( $\text{m/s}^2$ )	Peso (N)
20°	9,7864	782,912
40°	9,8017	784,136
60°	9,8192	785,536
80°	9,8306	786,448

a) Qual é a diferença de peso de uma pessoa, de massa  $m = 80,00 \text{ kg}$ , ao se deslocar, ao nível do mar, do equador até o pólo?  
b) Qual o peso de uma pessoa de massa 70kg ao nível do mar com uma latitude de 70°?

**Figura 1** – Apresentação da atividade

Fonte: Issa-Mendes (2018, p. 234)

<sup>1</sup> A atividade entregue aos(as) participantes no minicurso proposto encontra-se em Issa-Mendes (2018, p. 233).

De acordo com Lopes (2008, p. 564), a variação da aceleração da gravidade, em função da latitude e altitude, pode ser definida por:

$$g_{\gamma,z} \approx g_{\gamma} + \Delta g_z \approx g_0(1 + \beta \cdot \text{sen}^2\gamma) \cdot (1 - 2z/R)$$

Em que  $z$  é altitude, localizada a uma determinada latitude  $\gamma$ , e  $R = 6,371 \times 10^6$  m é o raio da Terra.

Há uma equação internacional para calcular a aceleração da gravidade, ao nível do mar, sendo ela (Lopes, 2008, p. 562):

$$g(\gamma) = 9,78032677(1 + 0,0052790414 \cdot \text{sen}^2\gamma + 0,0000232718 \cdot \text{sen}^4\gamma)$$

Em que  $\gamma$  representa a latitude medida em graus.

Na atividade proposta, os grupos teriam que encontrar a aceleração da gravidade, no nível do mar, no equador ( $0^\circ$ ), no pólo ( $90^\circ$ ) e com uma latitude de  $70^\circ$ , para então determinar o peso de uma pessoa em cada situação. Substituindo os valores das latitudes pedidas na equação internacional, tem-se:

$$g(0^\circ) = 9,78032677 \text{ m/s}^2.$$

$$g(90^\circ) = 9,832185126 \text{ m/s}^2.$$

$$g(70^\circ) = 9,82609534 \text{ m/s}^2.$$

Assim, a resposta da primeira pergunta da atividade, “qual a diferença de peso de uma pessoa de massa 80kg ao se deslocar, ao nível do mar, do equador até o pólo?”, será:

$$\Delta P = m \cdot (g_{90^\circ} - g_{0^\circ}) = 80 \cdot (9,8321 - 9,7803) = 4,15N$$

Já para a segunda questão, “qual o peso de uma pessoa de massa 70kg, ao nível do mar, com uma latitude de  $70^\circ$ ?”, será:

$$P = m \cdot g = 70 \cdot 9,82609 = 687,83N$$

A seguir, serão apresentadas as resoluções de dois grupos participantes da pesquisa.

• **Grupo II** - Formado por quatro alunos do 1º ano de Licenciatura em Física.

1- *Experimentação*: os dados já constavam na atividade.

2- *Abstração*:

a) *Seleção das variáveis*: adotaram a constante 9,7717, que segundo os estudantes, representa a aceleração da gravidade a  $0^\circ$ , a variável independente ‘ $n^\circ$ ’ que representa a latitude, peso (P) como variável dependente, massa (m) e aceleração da gravidade (g) como variável dependente da latitude.

b) *Problematização*: já fornecida no enunciado.

c) *Formulação de hipóteses*: adotaram que a aceleração da gravidade variava linearmente.

d) *Simplificação*: determinaram uma constante  $7,35 \cdot 10^{-3}$  como sendo a média de aumento da aceleração da gravidade a cada  $10^\circ$  de latitude.

3- *Resolução*: o grupo elaborou o seguinte modelo matemático para determinar a aceleração da gravidade em função da latitude:

$$g(n^\circ) = g(0) + \left(7,35 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{n^\circ}{10}\right) = 9,7717 + \left(7,35 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{n^\circ}{10}\right)$$

Em seguida, escreveram que:  $P(n^\circ) = g(n^\circ) \cdot m$ , e deram as seguintes respostas para as perguntas da atividade:

a)  $\Delta P = P(90^\circ) - P(0) = 5,3N$

b)  $g(70^\circ) = 9,82315 \text{ m/s}^2$  e  $P(70^\circ) = 687,6205N$

4- *Validação*: validaram a equação da aceleração da gravidade com os dados da tabela fornecida.

5- *Modificação*: Não houve modificações.

6- *Correlação com a Física*: Os integrantes deste Grupo, em especial, apresentaram dificuldades em não poderem utilizar fórmulas prontas, eles não queriam matematizar o problema e seguir os passos da Modelagem Matemática, desta forma, nesta atividade, eles simplesmente utilizaram a fórmula que já conheciam.

$g(n^\circ) = 9,7717 + \left(7,35 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{n^\circ}{10}\right)$   
 $\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$   
 $n^\circ \text{ latitude} \quad 0^\circ \quad \text{média de aumento da aceleração da gravidade a cada } 10^\circ \text{ de latitude.}$

$P(n^\circ) = 9,7717 + \left(7,35 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{n^\circ}{10}\right) \cdot m$   
 $\downarrow$   
 $\text{massa}$

$P(n^\circ) = \underline{\underline{g(n^\circ) \cdot m}}$

a)  $\Delta P = 5,3N$                        $\Delta P = P(90^\circ) - P(0^\circ)$   
b)  $g(70^\circ) = 9,82315 \text{ m/s}^2$   
 $P(70^\circ) = 687,6205N, \text{ onde } m = 70 \text{ kg}$

**Figura 2** – Resolução, digitalizada, do grupo II

Fonte: Issa-Mendes (2018, p. 160)

- **Grupo III** - Formado por dois alunos do 1º ano de Bacharelado em Física e dois estudantes do 2º ano de Licenciatura em Física.

1- *Experimentação*: os dados já constavam na atividade.

2- *Abstração*: utilizaram a aceleração da gravidade ( $g$ ) como variável dependente, a constante ( $k$ ) que representa o aumento da aceleração da gravidade por grau de latitude, a latitude ( $a$ ) como variável independente e a constante ( $L_0$ ) que representa a aceleração da gravidade para latitude  $0^\circ$ . Utilizaram também, peso ( $P$ ) como variável dependente, massa ( $m$ ) e aceleração da gravidade ( $g$ ) como variável dependente da latitude.

b) *Problematização*: já fornecida no enunciado.

c) *Formulação de hipóteses*: assumiram que a aceleração da gravidade variava linearmente.

d) *Simplificação*: Concluíram que a cada  $20^\circ$  de latitude havia um decréscimo de  $0,01473 \text{ m/s}^2$  na aceleração da gravidade, sendo que para cada grau de latitude esse decréscimo seria de  $0,00074 \text{ m/s}^2$ .

3- *Resolução*: Após determinarem  $k = 0,00074 \text{ m/s}^2$ , escreveram a seguinte função linear:

$$g(a) = k \cdot a + L_0$$

Em seguida, determinaram o valor da aceleração da gravidade para  $0^\circ$  de latitude:

$$g(0) = 9,7864 - 20 \cdot 0,00074 = 9,7716 \text{ m/s}^2$$

E elaboraram o seguinte modelo matemático:

$$g(a) = 0,00074 \cdot a + 9,7716, \text{ em que } g(90) = 9,8382 \text{ m/s}^2$$

Para a parte b da atividade, perceberam que para massa constante,  $P \propto g$ .

Por fim, apresentaram o modelo matemático para determinar a força peso em função da latitude:

$$P(a) = m \cdot (k \cdot a + L_0)$$

E para  $a = 70^\circ$  encontraram  $P(70) = 687,638\text{N}$ .

4- *Validação*: validaram a equação da aceleração da gravidade com os dados da tabela fornecida.

5- *Modificação*: não houve modificações.

6- *Correlação com a Física*: Este foi o Grupo que apresentou menos dificuldade em não utilizarem fórmulas, de maneira clara e coerente, determinaram o modelo  $P = m \cdot g$ , por meio da Modelagem Matemática.

b) Pela análise da tabela, vemos que, para  $m$  constante (80 kg),  $P \propto g$ , ou seja,  $P = \beta \cdot G$ ; assim,  $\beta = \frac{P}{g}$  me dá o valor da proporção. Este valor é de 80, o que é o valor da minha massa. Portanto, a constante de proporcionalidade é a massa do corpo de teste. Assim:

$$P = m \cdot g \rightarrow P(a) = m \cdot g(a)$$

$$P(a) = m \cdot (k \cdot a + L_0)$$

$$P/m = 70 \text{ kg}, a = 70,$$

$$P(70) = 70 \cdot (k \cdot 70 + L_0) = 687,638$$

**Figura 3** – Resolução, digitalizada, do grupo III

Fonte: Issa-Mendes (2018, p. 164)

Após todos os grupos apresentarem suas resoluções na lousa, a pesquisadora perguntou o que eles acharam da atividade e se eles sabiam desta variação da aceleração da gravidade. Muitos disseram que sabiam que a aceleração da gravidade variava, mas não sabiam como nem o porquê.

Em seguida, a pesquisadora apresentou a equação internacional e os valores de aceleração da gravidade para cada uma das latitudes solicitadas de acordo com esta equação. Todos os grupos ficaram admirados com a complexidade da equação e comentaram que nunca imaginaram que, com aqueles dados, teriam que utilizar funções trigonométricas para modelar o fenômeno. E por consequência, todos se sentiram muito satisfeitos por terem encontrado resultados muito próximos dos reais de forma bem mais simples. Muitos se sentiram, nas palavras deles, como “gênios da Ciência”.

Tal sentimento motivador é umas das características da Modelagem Matemática como estratégia didática, presente na literatura. Atividades como esta ajudam a desmitificar a imagem da Ciência e do cientista, em que muitos estudantes pensam que os cientistas eram seres diferenciados, “gênios”, e que enquanto estudantes, não seriam capazes de fazer Ciência.

### Discussões e resultados

A maioria dos participantes da pesquisa, apresentou uma dificuldade, já prevista por esta pesquisadora, que era deduzir as equações e não utilizar as prontas. Apenas o grupo dos bacharéis apresentou a dedução do modelo de forma clara e concisa com os pressupostos da Modelagem Matemática. Os grupos de Matemática tiveram uma certa dificuldade com isso e os grupos de Física apresentaram extrema dificuldade em não utilizar as fórmulas prontas, nas demais atividades também.

Os estudantes fizeram correlações matemáticas com os dados e chegaram nos resultados das atividades, porém, só compreenderam os aspectos físicos e construíram modelos físicos após a discussão conceitual, por meio de deduções e recorrência.

Após o desenvolvimento das atividades, os participantes da pesquisa responderam um questionário, uma das questões indagava se os estudantes consideravam pertinente inserir atividades de Modelagem Matemática em aulas de Física no Ensino Médio. Todos os participantes responderam ser pertinente a inserção da Modelagem Matemática no Ensino de Física. Dentre as justificativas, pode-se destacar que um ensino com tais atividades:

- *Ajudaria a entender as fórmulas e saber de onde vieram;*

*Sujeito 8:* Sim, pois a Modelagem ajuda a entender as fórmulas e ver de onde vieram.

- *Facilitaria a aprendizagem;*

*Sujeito 4:* Sim, deveriam, porque a Modelagem Matemática ajuda o aluno a repensar no que ele está estudando e assim conseqüentemente ele irá aprender com mais clareza.

- *Seria um instrumento contextualizador;*

*Sujeito 7:* Sim, para que os alunos pudessem enxergar como a Matemática e a Física é usada no dia a dia.

- *Promoveria o interesse pela Física;*

*Sujeito 6:* Sim, pois assim haveria maior interesse pela parte dos alunos em conhecer pela visão da Ciência o mundo, enxergar a teoria na prática.

- *Promoveria o raciocínio.*

*Sujeito 2:* Sim, a Modelagem faz o aluno realmente pensar, ela faz a pessoa desenvolver seu raciocínio e resolver problemas de maneira lógica informal.

Outra contribuição da Modelagem Matemática na construção do conhecimento científico, com significativa incidência nos registros das demais questões do questionário, foi o fato de ao invés de se decorar fórmulas, ser possível construir o modelo e chegar à resposta por meio do processo de Modelagem Matemática.

## **Considerações Finais**

Este trabalho surgiu com o intuito de investigar se uma situação de ensino envolvendo a Modelagem Matemática e discussões epistemológicas, proporcionava a estudantes de Física e Matemática no nível de graduação, entendimento a respeito de conceitos físicos, bem como a formulação de seus modelos científicos.

Cifuentes e Negrelli (2012) ressaltam que o processo de Modelagem Matemática, em seu caráter epistemológico, visa promover a compreensão de fenômenos por meio de um processo investigativo. A atividade proposta “gravidade variável”, resultou em discussões importantes para a compreensão da variação da aceleração da gravidade e promoveu a construção do modelo físico a partir da Modelagem Matemática. A atividade foi analisada seguindo as etapas de Bassanezi (2004) e segundo as inferências de Issa-Mendes (2018), a Modelagem Matemática não é suficiente para ensinar Física, mas é uma metodologia que permite o processo de construção de modelos. Sendo a Física um constructo de modelos, feitas as devidas discussões epistemológicas, pode-se inferir que a Modelagem Matemática contribui com o Ensino de Física.

### Referências

- ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na educação Básica**. Editora Contexto, 2012.
- BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. Editora Contexto, São Paulo, 2002.
- BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2004.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto, 1994.
- CIFUENTES, J. C.; NEGRELLI, L. G. Uma Interpretação Epistemológica do Processo de Modelagem Matemática: implicações para a Matemática. **Bolema**, Rio Claro (SP), v. 26, n. 43, p. 791-815, ago. 2012.
- CURY, H. N. Modelagem matemática e problemas em ciências: Uma experiência em um curso de mestrado. In: **Revista Perspectiva**, 2003, v. 27, n.98, p. 75-86,
- ISSA-MENDES. G. H. G. Modelagem Matemática e Construção Epistemológica de Modelos Científicos: Uma Abordagem para o Ensino de Física. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.
- LOPES, W. Variação da Aceleração da Gravidade com a Latitude e Altitude. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 25, n. 3: p. 561-568, dez. 2008.
- MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 22, no. 1, março, 2000.
- MOREIRA, M. A. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Ensino de C&T**. Vol. 7, n. 2, 2014.
- VEIT, E. A; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 24, no. 2, junho, 2002.