

## USO DE SIMULAÇÕES NO ENSINO DE FÍSICA PARA DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS UTILIZANDO O SOFTWARE MODELLUS

### USE OF SIMULATIONS IN PHYSICS TEACHING TO DEVELOP SKILLS USING MODELLUS SOFTWARE

 <https://doi.org/10.63330/armv1n4-014>

Submetido em: 14/06/2025 e Publicado em: 01/07/2025

**Ricardo Normando Ferreira de Paula**

Mestre

Pertencentes à Universidade Estadual do Ceará, estudantes do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação (nível de doutorado).

**Heitor Barros Chrisóstomo**

Mestre

Pertencentes à Universidade Estadual do Ceará, estudantes do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação (nível de doutorado).

#### RESUMO

Este artigo apresenta os resultados de uma investigação realizada com estudantes da terceira série do ensino médio de uma escola pública, com o objetivo de analisar sua competência para investigar e avaliar situações-problema, bem como sua compreensão de conceitos físicos. Para a realização da pesquisa, foi estruturada uma disciplina eletiva, na qual se empregou o software de modelagem *Modellus*. Os resultados evidenciam a existência de lacunas tanto na compreensão de conceitos quanto no desenvolvimento da competência investigada. Contudo, indicam que a modelagem matemática configura-se como uma metodologia potencialmente eficaz para minimizar tais lacunas, contribuindo para o aprimoramento das competências trabalhadas e para a assimilação de conceitos na área de Física.

**Palavras-chave:** Ensino de física; Modelagem; Modellus; Competências; Conceitos em física.

#### ABSTRACT

This article presents the results of an investigation carried out with students in the third year of secondary school at a public school, with the aim of analyzing their competence in investigating and evaluating problem situations, as well as their understanding of physical concepts. To carry out the research, an elective course was structured, in which the *Modellus* modeling software was used. The results show that there are gaps both in the understanding of concepts and in the development of the competence investigated. However, they indicate that mathematical modeling is a potentially effective methodology for minimizing these gaps, contributing to the improvement of the competences worked on and to the assimilation of concepts in the area of Physics.

**Keywords:** Physics teaching; Modeling; Modellus; Competencies; Physics concepts.



## 1 INTRODUÇÃO

A implantação de uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC), assim como o processo de ensino baseado em competências e habilidades é uma discussão que já vem ocorrendo desde a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996.

Posteriormente, o Plano Nacional de Educação (2014) retomou a importância da BNCC, reforçando o compromisso da Educação Brasileira em promover uma formação integral, que possibilite o pleno desenvolvimento dos estudantes [1]. Nesse contexto, destaca-se novamente a centralidade do ensino fundamentado em competências e habilidades.

A proposta do ensino por competências tem como objetivo possibilitar que os estudantes mobilizem os conhecimentos adquiridos para solução de problemas complexos da vida cotidiana por meio do desenvolvimento de habilidades, favorecendo o pleno exercício da cidadania no âmbito acadêmico, pessoal e profissional. [1].

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), decorrentes da LDB de 1996, no volume destinado a Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, indicam que o estudante egresso do ensino médio deve deverá ter desenvolvidas um conjunto de cinco competências, a saber:

I. Reconhecer e utilizar adequadamente, na forma oral e escrita, símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica; II. Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas; III. Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados por diferentes meios; IV. Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências; V. Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia. [2, p. 63].

Por outro lado, a BNCC reduz este número para três competências:

I. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global; II. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis; III. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) [1, p 77].

A discussão sobre o ensino por competências no âmbito das Ciências da Natureza — e, mais especificamente da disciplina de Física —, mostra-se essencial, dentre outros fatores, pela constatação de que a prática metodológica tradicional não tem alcançado, na maioria das aulas, os resultados almejados. Observa-se, cotidianamente, que a disciplina de Física é compreendida pelos alunos como extensão da



Matemática, cuja compreensão é difícil e, conseqüentemente, a formação do conceito em si fica prejudicada gerando falta de interesse e compreensão, ou seja, os alunos têm uma visão sobre o conteúdo de Física como desinteressante [3].

Entre os aspectos relacionados às competências mencionadas, destaca-se a importância de o estudante ser capaz de compreender conceitos presentes em um problema de Física e consiga relacioná-lo com a situação real correspondente. No cotidiano escolar, entretanto, constata-se que muitos concluem o ensino médio sem desenvolver essa competência de forma satisfatória, o que compromete a aprendizagem de Física e de outras disciplinas, pois dificulta a interpretação e a contextualização de informações, sejam elas apresentadas em sentenças escritas, equações matemáticas, tabelas ou gráficos. Em consequência, o estudante não consegue expressar-se adequadamente nem formular hipóteses, de forma oral ou escrita, acerca dos fenômenos naturais que o cercam.

Diante deste cenário, o presente artigo tem por objetivo apresentar os resultados obtidos em uma investigação, por meio de um estudo de caso, envolvendo alunos da terceira série do Ensino Médio com foco na análise de sua competência para interpretar situações – problema de Física do cotidiano. Além disso, busca-se verificar a influência da utilização de *softwares* de modelagem matemática no desenvolvimento dessa competência.

Tomando-se a BNCC como referência, a competência analisada, diretamente relacionada ao objetivo da pesquisa, é a seguinte:

Competência Específica 3: Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). [1, p 553].

Nesse contexto, o *software* de modelagem utilizado – *Modellus* – “permite transformar os processos de pensamento e os processos de construção do conhecimento” [4, p 4], configurando-se como um recurso para o desenvolvimento da competência explorada nesta pesquisa. O objetivo precípua, conseqüentemente, é promover situações em que o estudante aprenda a aprender, potencializando sua aprendizagem significativa e demonstrando conhecimento acerca dos conceitos físicos trabalhados [5].

Para execução da pesquisa foi composta uma amostra de alunos pertencentes à terceira série do ensino médio, selecionada com base no baixo nível de compreensão dos conteúdos de Física, identificado partir dos resultados em avaliações internas.

Este artigo está dividido nas seções que seguem abaixo: na seção 2, apresenta-se a disciplina na qual a pesquisa foi aplicada; na seção 3, aborda-se o software utilizado; na seção 4, descreve-se a dinâmica do experimento de campo; na seção 5, discutem-se os resultados obtidos, seguidos das considerações finais.



## 2 CARACTERIZAÇÃO DA DISCIPLINA

Para o desenvolvimento da pesquisa foi criada uma disciplina durante o segundo semestre da terceira série do nível médio denominada Física para o ENEM. Esta disciplina faz parte integral o componente eletivo de uma Escola Estadual de Ensino Médio em Tempo Integral (EEMTI) localizada em Fortaleza-Ce. Este tipo de escola é regida pela Lei Nº 16.287/2017 [6], que institui a Política de Ensino Médio em Tempo Integral no âmbito da Rede Estadual de Ensino do Ceará com 45h semanais.

A proposta pedagógica da disciplina é rerepresentar os conceitos de Mecânica, Termodinâmica e Ondulatória, abordados ao longo do ensino médio. A seleção dos conteúdos teve como critério os resultados de avaliações internas, que indicaram rendimento abaixo da média escolar nesses temas. Para tanto, foram criados dois módulos, conforme apresentados na Tabela I.

Tabela I. Distribuição de conteúdos da disciplina Física para o ENEM.

Módulos	Assunto
<b>Primeiro Módulo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Movimentos em uma e duas dimensões</li><li>- Dinâmica da partícula</li><li>- Trabalho e Energia</li><li>- Conservação da Energia</li><li>- Conservação do Momento Linear</li></ul>
<b>Segundo Módulo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Oscilações</li><li>- Ondas em meios elásticos</li><li>- Estática e Dinâmica dos fluidos</li><li>- Calor e Leis da Termodinâmica</li><li>- Teoria Cinética dos Gases</li></ul>

Fonte: Autores

A disciplina foi desenvolvida entre agosto e dezembro de 2021, período em que ocorreram a aplicação dos conteúdos e a coleta de dados. Os temas foram trabalhados na sequência estabelecida na Tabela I. Para avaliação, foram aplicadas duas provas escritas, compostas por problemas que demandavam soluções matemáticas.

Além das provas, os estudantes foram apresentados ao *software* de modelagem *Modellus* para que procedessem a uma terceira avaliação. Esta avaliação se constituía de utilizar o software para modelar quatro problemas relativos a quatro assuntos, a saber: Leis de Newton, Trabalho e Energia, Oscilações e Calor e Leis da Termodinâmica.

Uma data foi estipulada para a apresentação das modelagens, em que os estudantes deveriam expor suas conclusões à turma.



### 3 MODELAGEM COMPUTACIONAL APLICADO AO ENSINO COM O SOFTWARE *MODELLUS*

A construção de um modelo em Física ocorre, especialmente no ensino médio, através de modelos matemáticos didáticos. Modelos são “mais do que uma ferramenta útil para a resolução de problemas, podem contribuir de forma significativa para uma visão de ciência adequada à prática científica moderna, cuja essência está na criação de modelos” [7, p.11].

Uma abordagem para trabalhar a modelagem de tópicos referentes ao ensino em Ciências consiste no uso de recursos computacionais. Um Ambiente de Modelagem Computacional (AMC) consiste em uma ferramenta que possibilita aos estudantes construir modelos com base em suas próprias concepções ou explorar modelos pré-elaborados. Tais ferramentas recebem essa denominação por estarem associadas a uma proposta educacional que pressupõe atividades de modelagem [8].

Além disso, ambientes computacionais, em geral aplicados ao ensino tais como softwares educativos, podem ser utilizados como AMCs, desde que utilizados para atividades de modelagem, através da exploração de suas ferramentas disponíveis. A atividade de modelagem computacional apresenta-se de dois tipos [9]: (a) modelagem exploratória, em que o estudante explora um modelo já conhecido ou construído pelo professor; (b) modelagem expressiva, em que o estudante constrói seus próprios modelos a partir de concepções pessoais sobre um fenômeno ou sistema estudado.

Diversos estudos sugerem que o uso de recursos computacionais aliados à modelagem é uma estratégia eficaz para superar dificuldades de aprendizagem em Física. A atividade de modelagem por meio de software educativo constitui uma proposta viável para ampliar a compreensão dos conteúdos trabalhados em sala de aula [4].

O desenvolvimento de ferramentas computacionais destinadas ao processo de ensino e aprendizagem é resultado de esforços de vários países que tem o seu início na década de 1980. Estes esforços justificam-se pela mudança de paradigma relativa à entrada da tecnologia nos mais diversos setores da sociedade. Entre essas ferramentas, destaca-se o *Modellus*, um software de modelagem matemática cujo objetivo principal é “possibilitar experiências com modelos matemáticos, concentrando-se na interpretação do significado desses modelos e não apenas nos seus cálculos” [10, p 17].

O *Modellus* é disponibilizado gratuitamente mediante cadastro no site da Universidade Nova de Lisboa (<http://modellus.fct.unl.pt/>). O software é indicado para o ensino de Matemática, Física, Química e outras áreas que envolvam modelagem matemática. Sua utilização permite a estudantes e professores construir experiências a partir de modelos personalizados, controlando variáveis como tempo, velocidade e distância, possibilitando análises qualitativas e quantitativas.

A interação proporcionada pelo software favorece que a aprendizagem possa ocorrer a partir da perspectiva de Valente [11, p 45] onde o autor “acredita que uma das obrigações fundamentais da educação



e de sistemas educacionais é fortalecer a motivação para aprender, informado as crianças e adolescentes sobre as vantagens da educação e do esforço para sempre fazer da aprendizagem um prazer e não um sofrimento”.

Essa “motivação para aprender” surge quando o estudante produz resultados que não se limitam a números ou equações, mas envolvem animações geradas pelo próprio usuário, substituindo o conceito de “certo” e “errado” por conjecturas mais ou menos próximas da realidade. Assim, o Modellus estimula o desenvolvimento de competências investigativas e favorece uma aprendizagem significativa [12].

Em geral, o software apresenta diversas ferramentas à disposição do usuário. Algumas destas ferramentas já são conhecidas dos alunos: tabela e gráfico. Outra dá ao software a característica interativa: a animação.

A primeira janela a ser utilizada é a janela Modelo, na qual o usuário explicitará a sua equação ou função a ser modelada. Após a inserção, o comando Interpretar verifica a sintaxe e solicita as condições do problema, caso a equação esteja correta. Caso contrário, o software informará que há um erro que deve ser corrigido.

A partir do preenchimento das condições a janela Controle, ao ser utilizada, faz com que o intervalo de valores atribuídos à variável independente comece a variar. A relação entre as variáveis pode ser percebida, a partir de uma linguagem mais ‘cotidiana’ dos alunos a partir do gráfico e da tabela gerados.

A janela Animação se apresenta como o recurso mais importante, tomando por base a ideia central desta pesquisa. A partir deste recurso é possível pôr em prática a ideia de [13, p 35] que afirma: “E ao ensinar o computador a ‘pensar’, a criança embarca numa exploração sobre a maneira como ela própria pensa. Pensar sobre modos de pensar faz a criança tornar-se um epistemólogo, uma experiência que poucos adultos tiveram”.

Esta animação é feita pelo usuário a partir dos recursos disponibilizados pelo sistema. Cada aluno pode conferir a um mesmo problema as mais variadas animações, desde que obedçam à equação (ou conjunto de equações) colocados em local apropriado (modelo matemático).

As janelas “gráfico” e “tabela” mostram, de acordo, com os valores iniciais determinados em janela própria, como os valores evoluem de acordo com a(s) variável(is).

Vale ressaltar que, devido à variedade de recursos, o software demanda uma orientação prévia para seu uso adequado.

#### **4 DINÂMICA DO EXPERIMENTO**

Para a realização da pesquisa, foi conduzido um experimento com estudantes da terceira série do ensino médio de uma escola pública estadual. Conforme descrito na seção 2, a disciplina era optativa, com 40 vagas disponíveis. Os alunos deveriam inscrever-se caso apresentassem interesse. Dentre os 158 alunos



distribuídos em quatro turmas, foram selecionados 40, priorizando aqueles com menores rendimentos na disciplina de Física.

É importante destacar que disciplinas eletivas não exigem, necessariamente, atribuição de nota. Na escola em questão, não havia nota associada à disciplina no período de realização da pesquisa, de modo que as avaliações (inclusive a modelagem) não resultaram em recompensas formais aos estudantes.

Os conteúdos da Tabela I foram trabalhados em aulas expositivas e dialogadas. Posteriormente, foram aplicadas duas provas, cada uma com seis itens: metade dos itens estava estruturado conforme as diretrizes do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e a outra metade envolvendo situações-problema configurando-se como itens de resposta construída.

Após as provas, solicitou-se aos estudantes que escolhessem ao menos um dentre os itens de resposta construída, por módulo, para realizar modelagem exploratória. Assim, para cada módulo eram esperadas 200 modelos (cinco por estudante). Em seguida, em datas agendadas, os estudantes apresentaram seus resultados em quatro encontros, cada um relativo a um tema específico.

Durante as apresentações, foram feitas perguntas relacionadas tanto ao uso do software quanto a aspectos conceituais. Para análise dos dados, foi conduzida uma avaliação em quatro etapas, seguida de tratamento estatístico das modelagens produzidas. O foco estatístico concentrou-se em verificar se os estudantes conseguiram relacionar os enunciados das questões com situações reais, por meio da modelagem.

## 5 RESULTADOS OBTIDOS

A análise inicial considerou o uso das três ferramentas disponibilizadas pelo software (tabela, gráfico e animações), já que os estudantes tinham liberdade para escolher a forma de apresentar os dados.

O gráfico 1 mostra a quantidade de alunos que entregaram as atividades utilizando as três ferramentas. No primeiro módulo foram apresentadas 52 modelagens (26%), das quais 48 apresentavam animações. As principais dificuldades relatadas foram: (1) relacionar o conceito teórico com o fenômeno cotidiano; e (2) definir variáveis e constantes de forma coerente na animação.

No segundo módulo, todos os 66 trabalhos (33%) apresentados utilizaram as três ferramentas, indicando superação das dificuldades iniciais. Esse resultado revela progresso na compreensão dos conceitos e no domínio do software.

Considerando que todos os alunos que participaram da disciplina obtiveram resultados insatisfatórios na disciplina de Física, é possível inferir que houve evolução no desempenho e avanços na apropriação dos conceitos trabalhados.

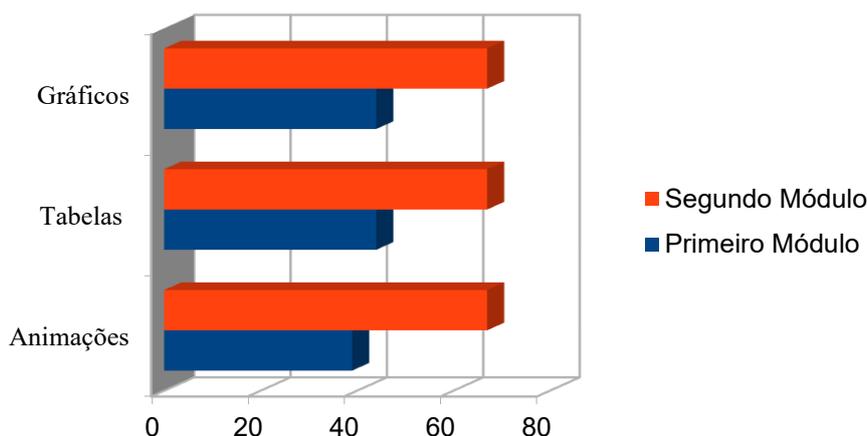
No entanto, outro aspecto que o gráfico I mostra é o aumento no número da quantidade de alunos que tem aproveitamento é maior no segundo módulo. Segundo as explicações deles, a operação do software



se tornou mais simples. No primeiro módulo relata que, devido à falta de familiaridade com a ferramenta de modelagem, sentiram mais dificuldade. No segundo módulo, além da familiaridade com o software, a apreensão dos conceitos estava mais bem estruturada para os alunos, assim conseguiram produzir mais.

Acredita-se que a divergência entre a quantidade esperada de modelos (200) e a quantidade efetivamente entregue deve-se ao fato de a disciplina, não possuir uma nota associada, o que pode ter impactado a motivação. Essa questão poderá ser explorada em pesquisas futuras.

Gráfico I. Utilização das ferramentas disponíveis no software modellus. Fonte: Autores.

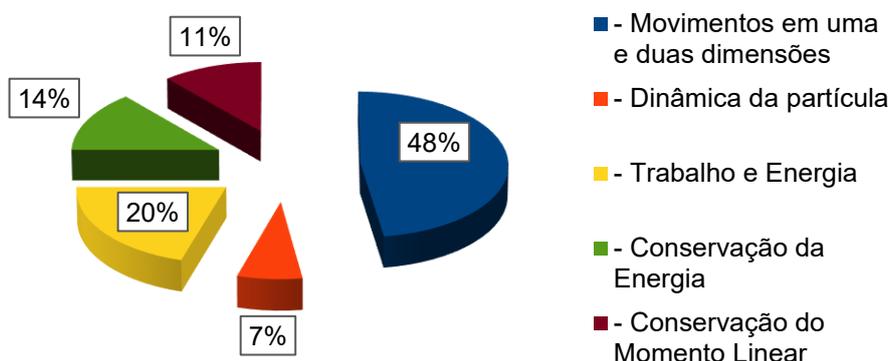


Observando o gráfico II, é possível inferir a predominância do conceito de movimento em uma e duas dimensões em detrimento dos demais. Outros trabalhos, como [14] já explicitam que este movimento é mais simples de compreender conceitualmente em detrimento dos demais. Confirmado pelos alunos inquiridos, apesar de ser mais complexo matematicamente, em virtude da experiência cotidiana, é menos complexo de tratar conceitualmente.

Um fenômeno similar observa-se no gráfico III em relação ao tema Oscilações.



Gráfico II. Aproveitamento – módulo I.

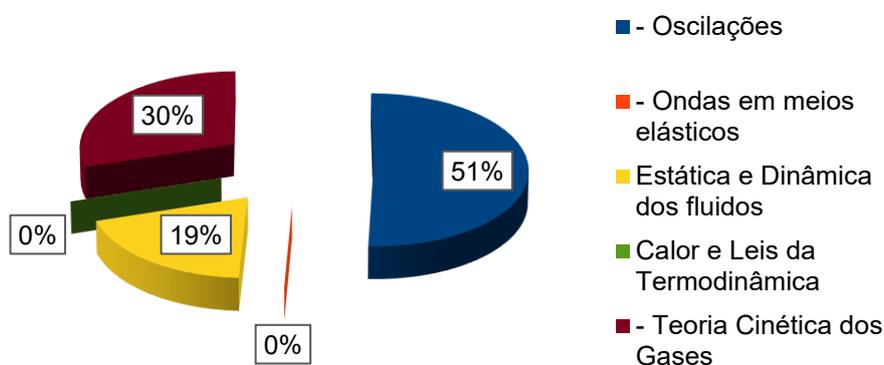


Fonte: Aurores

Quando comparados com os resultados apresentados nas provas escritas, percebe-se que o software *Modellus* pode proporcionar o desenvolvimento da competência relativa à investigação de situações-problema e avaliação de aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, de acordo com o que foi mencionado na seção 1.

Com a avaliação dos resultados é possível perceber que uma quantidade significativa de alunos egressos do ensino médio não tem a competência, objeto de investigação desta pesquisa, desenvolvida, destacando a necessidade de um trabalho mais efetivo para desenvolvê-la, bem como as outras competências. Por outro lado, com a utilização de um recurso como o software *Modellus*, é possível minimizar esta lacuna.

Gráfico III. Aproveitamento – módulo II





## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino por competências tem sido objeto de discussão e implementação desde a LDB de 1996. As transformações do mercado de trabalho ressaltam a importância do desenvolvimento de competências e habilidades, tornando esse tema central nos debates educacionais.

Este artigo teve como objetivo analisar uma das competências relacionadas às Ciências da Natureza e Matemática, focada na investigação e proposição de soluções para situações-problema.

Para tanto, adotou-se a modelagem matemática educacional com o uso do software Modellus, que se revelou uma ferramenta relevante no processo de desenvolvimento dessa competência.

Em trabalhos futuros, pretende-se aprofundar a investigação, abordando outras competências e suas inter-relações, sobretudo em metodologias baseadas em PBL (*Problem based learning* ou *Project based learning*, ou seja, aprendizagem baseada em problemas ou projetos).

Além disso, destaca-se a necessidade de explorar a questão da motivação para participação em avaliações que não resultem em recompensas formais, como notas ou bonificações.



## REFERÊNCIAS

- [1] Brasil, Ministério da Educação. *A Base Nacional Comum Curricular – A Estrutura da BNCC*. (MEC, Brasília, 2017).
- [2] Brasil. *Ministério de Educação e Cultura. LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. (MEC, Brasília, 1996).
- [3] É. C. Gomes, W. da Silva Castro, A. S. Rocha, *Revista Experiências em Ensino de Ciências*. **13**(1), 154 (2018).
- [4] V. D. Teodoro, *Modellus: Uma ferramenta computacional para criar e explorar modelos matemáticos* (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2000) Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/textos/VDTeodoro2000.pdf> Acesso em 02/02/2023.
- [5] B. L. Gargallo et al, *Revista Española de Pedagogía*. **78**(276), 187 (2020).
- GARGALLO LÓPEZ, Bernardo et al. La competencia aprender a aprender. *Revista española de pedagogía*, v. 78, n. 276, p. 187-212, 2020.
- [6] CEARÁ. *Lei nº 16.287, 20 de julho de 2017. Institui a Política de Ensino Médio em Tempo Integral no âmbito da rede estadual de ensino do Ceará*. (Assembleia Legislativa, Ceará, 2017) Disponível em <https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/educacao/item/5883-lei-n-16-287-de-20-07-17-d-o-21-07-17> Acesso em: 27/4/2019.
- [7] R. V. Brandão, I. A. Araújo, E. A. Veit, *A Física na Escola* **9**(1), 10 (2008).
- [8] R. C. G. Júnior, M. J. H. Rehfeldt, I. G. Neide, *Experiências em Ensino de Ciências*. **17** (1), 444 (2022).
- [9] I. G. Neide, A. S. Maman, M. M. Dullius, A. B. Bergmann, M. T. Quartieri, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **36**(2), 567 (2019)
- [10] J. P. Gonçalves, K. Gomes, *Tutorial Modellus*. (LAPEMMEC/UNICAMP, Campinas, 2001) Disponível em [http://www.cempem.fae.unicamp.br/lapemmec/coordenacao/tut\\_modellus.pdf](http://www.cempem.fae.unicamp.br/lapemmec/coordenacao/tut_modellus.pdf) Acesso em 13/07/2010.
- [11] J. A. Valente et al. *Jornada de Atualização em Informática na Educação* (Ed. Cortez/FAPESP, São Paulo, 2007)
- [12] D. P. Ausubel, J. D. Novak, H. Hanesian, *Educational Psychology: A Cognitive View*. (Warbel & Peck, New York, 1978)
- [13] S. Papert, *LOGO: computadores e educação*. (Ed. Brasiliense, São Paulo, 1985)
- [14] V. F. Santos, Z. E. M. Freitas, *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, **7**(21), 475 (2021).