



PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

PRODUTO EDUCACIONAL

**Aplicação do ciclo de modelagem de Hestenes usando a
videoanálise para o estudo de queda livre**

Pedro Paulo Freitas de Souza

Marcio Vinicius Corrallo

São Paulo (SP)

2023

Catálogo na fonte
Biblioteca Francisco Montojos - IFSP Campus São Paulo
Dados fornecidos pelo(a) autor(a)

s719p Souza, Pedro Paulo Freitas de
Produto educacional: Aplicação do ciclo de modelagem de Hestenes usando a videoanálise para o estudo de queda livre / Pedro Paulo Freitas de Souza. São Paulo: [s.n.], 2023.
20 f. il.

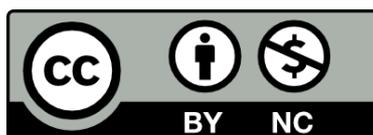
Orientador: Prof. Dr. Marcio Vinicius Corrallo

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP, 2023.

1. Ciclo de Modelagem de Hestenes. 2. Videoanálise. 3. Queda Livre. 4. Ensino de Física. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo II. Título.

CDD 510

Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional. Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.



Produto Educacional apresentado como requisito à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus São Paulo. Aprovado em banca de defesa de mestrado no dia 24 de outubro de 2023.

Autores

Pedro Paulo Freitas de Souza: Licenciado em Física pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) Câmpus São Paulo.

Marcio Vinicius Corrallo: Professor do Instituto Federal de São Paulo – IFSP – Campus São Paulo, desde 2010. Doutor em Ensino de Ciências (Modalidade Física) pela Universidade de São Paulo. Professor permanente do programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do IFSP. Líder do Grupo de Pesquisa em Inovação Tecnológica para o Ensino de Física – GPITEF. Atua em cursos e projetos de educação a distância no IFSP. Investiga principalmente o uso e as aplicações das atividades experimentais, com apoio de tecnologias digitais, para a formação de professores de física.

Lista de Figuras

Figura 1: Quadro resumo.....	07
Figura 2: Representação lúdica dos <i>whiteboards</i>	08
Figura 3: Screenshot de uma videoanálise de pequena escala.....	12
Figura 4: Screenshot de uma videoanálise de média escala.....	12
Figura 5: Screenshot do ajuste de curva e modelagem matemática do experimento de queda livre....	13

Lista de Quadros

Quadro 1: Modelo elaborado da Sequência Didática para determinação da aceleração da gravidade	14
---	----

Sumário

Introdução.....	01
A importância da experimentação no Ensino de Física.....	01
Aplicação do ciclo de modelagem de Hestenes.....	09
Registro dos fenômenos a serem estudados.....	10
Ferramenta de videoanálise – Tracker.....	11
Sugestão de plano de aula.....	13
Aplicação da Sequência Didática.....	15
Referências.....	18

Apresentação

Caro(a) professor(a)!

O presente produto educacional é parte da dissertação de mestrado intitulada: “Estudo das possibilidades de articulação do ciclo de modelagem de Hestenes com tecnologias digitais”, do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Paulo.

O objetivo deste material é apresentar uma abordagem descritiva e analítica do ensino de física, em especial a cinemática, para a educação básica, com o uso do ciclo de modelagem e emprego de videoanálise. Esperamos que por meio dele seja possível ao professor conduzir o aluno em práticas experimentais que lhe confirmem maior protagonismo investigativo, levando-o a conclusões que ajudem a reforçar os conceitos estudados durante a disciplina de física, buscando, por meio da modelagem matemática inspirada no ciclo de modelagem de Hestenes, verificar a origem dos modelos matemáticos que descrevem os fenômenos estudados, suas condições de validade e aplicabilidade.

Assim oferecer aos estudantes mais uma opção de inovação durante aulas práticas de física, com o emprego de tecnologias e sem a inflexibilidade dos métodos experimentais tradicionais, motivando-o a buscar um papel cada vez ativo na construção do seu conhecimento.

Os Autores.

Introdução

Alguns elementos são essenciais no processo de ensino e aprendizagem de física. A matemática figura como um conhecimento estruturante, necessário para a compreensão das equações e dos modelos, além da necessidade de um alto nível de abstração para o estabelecimento das correlações entre aqueles e os fenômenos estudados. As compreensões baseadas no senso comum, trazidos pelos alunos, devem ser confrontados, criando assim o conflito entre o novo conhecimento e suas concepções prévias, movendo-o na direção da aquisição de um conhecimento não mais baseado em crenças irrefletidas, mas sob uma ótica cientificista.

Trabalhos pedagógicos recentes exortam a busca de novas abordagens e estratégias de ensino. Corrallo, Junqueira e Schuler (2018) destacam:

Apesar de alguns avanços em relação ao ensino tradicional, a essência dessas estratégias sempre teve o foco no professor como grande provedor do conhecimento científico ali posto, conservando um viés empirista-indutivista, no qual imputa às atividades experimentais um caráter facilitador e motivador do aprendizado. Ao aluno era creditada a função de revisitar os caminhos trilhados anteriormente por outros, com uma sequência didática apoiada em roteiros rígidos e lineares. CORRALLO, JUNQUEIRA E SCHULER (2018, p. 636)

Entendem que sequências didáticas direcionadas, mediadas pelo professor, que usam práticas experimentais associadas com o uso de tecnologias, constituem-se como elementos facilitadores na construção do conhecimento. Apelam ainda para que seja dado ao aluno um maior grau de participação e interação nas atividades, de maneira a motivá-lo a refletir e desempenhar um papel cada vez ativo no processo, buscando uma significação que dialogue com sua realidade, mitigando a distância entre os conteúdos escolares e a experiência cotidiana, dando sentido a algo tão intangível quando visto somente em teoria.

A importância da experimentação no Ensino de Física

Dentre as funções sociais do ensino de física, estão a de conferir ao aluno as competências e habilidades necessárias para refletir, questionar, ressignificar seu aprendizado através de aplicações concretas que transformem sua própria realidade, interpretar e analisar resultados à luz de conhecimentos científicos.

A física é uma ciência predominantemente experimental e a importância da experimentação, nesse contexto, é um ponto pacificado entre os educadores. Há também o consenso de que teorias, conceitos, leis, modelos e fórmulas são melhores compreendidos quando investigados por meio de atividades práticas em laboratórios didáticos (BORGES, 2002). Contudo, temos uma realidade em que essa prática parece não ser relevante, pois, em geral, as raras escolas públicas que possuem laboratórios muitas vezes os mantêm fechados ou com pouco uso. Vários são os motivos que contribuem para esse *status* que vão desde a deterioração dos *kits*, falta de reposição e/ou reparo, alto custo de manutenção, falta de profissionais habilitados para o manuseio, até mesmo a sua desativação para a criação de novos espaços didáticos, por exemplo, BENETTI, RAMOS e SILVA (2013), num estudo investigativo em algumas escolas públicas do interior de São Paulo, constataram que as poucas escolas que possuíam laboratório de ciências, não usavam em toda sua capacidade ou destinavam seu espaço físico para armazenagem de materiais diversos.

Mesmo que haja laboratórios suficientes e plenos em suas funcionalidades, isso não garante o seu uso eficiente no processo de ensino e aprendizagem. Borges (2002) entende que as práticas experimentais devem levar o aluno a externar suas ideias, confrontar suas crenças, permitir a proposição e verificação de hipóteses. Entretanto, abordagens tradicionais se limitam a roteiros voltados à busca de resultados conhecidos, reedições de experimentos clássicos, dando pouco ou nenhum valor à reflexão sobre as ações realizadas em cada etapa do processo, à análise e discussão sobre os resultados obtidos, com o intuito de desconstruir concepções prévias e mover os alunos à estruturação de novos modelos mentais que mais se aproximam dos métodos e conhecimentos científicos. Corrallo (2017) aponta que:

Variantes dos chamados laboratórios investigativos são, há tempos, citados pela literatura, conhecidos como laboratórios de projeto ou por descoberta. [...] O caráter investigativo permite ao aluno ser mais atuante e possivelmente favorecendo a aprendizagem a partir da maior interação. Via de regra, o aluno pode planejar seu experimento, de tal forma que possa colocar suas ideias em prática. (CORRALLO, 2017, p. 53).

A física é uma ciência experimental cuja aprendizagem no ensino médio vem sendo dificultada também pela falta de laboratórios didáticos em escolas públicas, e pela metodologia do professor em sala de aula, entre outros fatores.

O emprego de tecnologias no ensino de física, como forma de mitigar as deficiências e ausência de laboratórios didáticos, tem sido uma prática recorrente e a cada dia surgem novas aplicações, simulações, ampliando ainda mais o espectro de fenômenos e conceitos abordados. Merece atenção o fato de que esse tem sido um apelo das novas concepções pedagógicas de ensino, o emprego de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação – TDIC. As tecnologias, no século XXI, têm assumido relevância suficiente ao ponto de suscitar abordagens educacionais que integrem além da ciência e sociedade, ciência-tecnologia-sociedade. Ao serem empregadas em associação com as práticas experimentais no apoio à prática docente, podem se tornar ferramentas bastante úteis. Aos alunos, enquanto nativos digitais, a intuitividade necessária para a compreensão e operacionalidade de *softwares*, simuladores e outros, pode não se apresentar como um obstáculo, pois já se tornaram parte integrante de suas realidades e cotidiano.

Portanto, dar protagonismo aos alunos através de sequências didáticas investigativas baseadas na experimentação com o emprego de TDIC, em ações que permitam a flexibilização de abordagens dos fenômenos estudados, modelagem, proposição e validação de hipóteses, tendo o professor como o mediador que ofereça as bases necessárias para a compreensão e a articulação entre os fenômenos e os conceitos que os descrevem, parece ser uma ideia interessante.

Instrução por modelagem

A modelagem é um instrumento pedagógico importante, pois permite uma abordagem mais concreta, visual e interativa para a compreensão dos conceitos, que são traduzidos em representações visuais, gráficas ou simulações que tornam a abstração mais acessível aos alunos.

Ao incorporar a modelagem, os professores têm a oportunidade de estimular o interesse dos alunos por uma maior atenção ao detalhamento dos diferentes aspectos dos fenômenos estudados, permitindo a construção de modelos mentais que melhor auxiliam na sua compreensão e interpretação. Para Moreira (2021), o

[...] conhecimento científico é construído, modelos científicos são construídos, teorias científicas são construídas a partir desses modelos. Toda essa construção começa com um modelo conceitual de um fenômeno de interesse, de uma situação problema. Esse

modelo pode evoluir teórica e matematicamente e chegar a uma teoria, cuja aceitação (que é sempre provisória), refutação (que pode ser definitiva) ou revisão (introdução de modificações para melhorá-la) depende da experimentação. (MOREIRA, 2021, p. 2).

A criação de modelos que representam situações do mundo real requer o uso de criatividade e imaginação para criar representações visuais dos fenômenos estudados. Isso permite aos alunos desenvolver a capacidade de visualização, a compreensão de conceitos abstratos e a maneira pela qual eles podem ser aplicados em diferentes contextos, encorajando-os a resolver problemas de forma lógica e sistemática, com base nos conceitos aprendidos. Ao trabalharem na construção e análise de modelos, os alunos são incentivados a questionar suas hipóteses e a avaliar a validade das conclusões obtidas, sendo preparados para enfrentar problemas cada vez mais complexos e desafiadores. Permite uma abordagem de conhecimento em rede ao ser aplicada de forma interdisciplinar, explorando as relações dos conceitos entre a física e outras áreas do conhecimento, como a matemática, a química e a biologia.

Não raro, durante as avaliações, deparamos com situações nas quais a compreensão que o aluno desenvolveu sobre determinado assunto tem pouca ou quase nenhuma relação com o que foi abordado nas aulas, levando-os a se ancorarem na aplicação de fórmulas, muitas vezes, de maneira irrefletida, conduzindo-os a resultados equivocados, e, posteriormente, frustração e insegurança.

Hestenes (1987) aponta que quando princípios fundamentais, estruturantes e indispensáveis deixam de ser abordados, os alunos buscam com esforços e, por meios próprios adquiri-los, o que nem sempre tem bom resultado. Infelizmente essa realidade não é privilégio dos cursos introdutórios de física em nível fundamental e médio, mas também em nível superior. O ensino tradicional nem sempre é suficientemente capaz de ressignificar de maneira satisfatória e efetiva as crenças e intuições dos alunos sobre os fenômenos e conceitos estudados. Isso deveria levar a uma refletida e cuidadosa escolha de abordagem a ser aplicada em sala de aula, centrada em sólidas teorias pedagógicas de ensino, para que não se incorra na reprodução das falhas do processo de aprendizagem e vícios dela advindo. Hestenes (1987) alerta que docentes universitários (aqui entenda como docente e pesquisador em física)

[...] praticam em sala de aula o que nunca tolerariam no laboratório [laboratório de pesquisa]. No laboratório eles estão interessados em compreender os fenômenos e avaliar criticamente hipóteses alternativas razoáveis. Mas seu ensino é guiado por crenças

infundadas sobre os alunos e a aprendizagem que, na melhor das hipóteses, são verdades parciais ou totalmente equivocadas. Esse tipo de comportamento seria tão desastroso no laboratório quanto na sala de aula. Por que eles não avaliam suas práticas de ensino com os mesmos padrões críticos que aplicam à pesquisa científica? (HESTENES, 1987, p. 440, tradução nossa)

A prática científica baseia-se na construção, validação e aplicação dos modelos científicos que é capaz de construir, dessa forma, por que não buscar por estratégias de ensino semelhantes uma vez que os objetivos em muitos pontos têm convergência? Um modelo é capaz de representar a estrutura de um sistema físico e suas propriedades, formado por objetos materiais ou não, e ainda que limitado à descrição de um sistema individual, diferentemente de uma teoria, pode ser capaz de representar todo um grupo de situações similares. Acredita também que a modelagem permite aos alunos o desenvolvimento de habilidades e estratégias que possibilitem a aplicação de modelos numa grande variedade de situações, levando-o à reestruturação de suas persistentes e ingênuas crenças sobre o mundo físico, conferindo-lhe protagonismo, permitindo um maior aproveitamento das atividades didáticas, de forma a valorar a sua própria experiência ao compartilhar os resultados com seus pares.

Objetivamente, espera-se que essa estratégia seja capaz de levar o aluno a compreender o mundo a partir da construção de modelos e o uso de conhecimentos científicos visando à descrição, à explicação, à previsão de fenômenos e até mesmo à proposição de experimentos; fornecer ferramentas conceituais básicas para modelar objetos e processos físicos com o uso de representações matemáticas, gráficas e diagramáticas; expô-lo a um pequeno núcleo de conteúdos de modelos básicos da física; dar-lhe uma visão da construção do conhecimento científico, suas etapas e a aplicação do método, sua validação e a correspondência com a teoria a partir da análise dos dados empíricos. Em nenhum momento busca-se duplicar ciclo de construção e teste de modelos em pesquisa, ainda que incorporando sistematicamente os vários modos de modelagem refletem o caráter procedimental e metodológico da pesquisa científica.

O desenho instrucional das dinâmicas de modelagem seguem as seguintes diretrizes gerais:

- Devem ser organizadas em ciclo de modelagem, com a participação dos alunos em todas as fases, desde o desenvolvimento, avaliação e aplicação dos modelos em

situações concretas, de forma a garantir uma compreensão integrada dos processos de modelagem e a aquisição coordenada de habilidades de modelagem.

- O professor deve fornecer as condições necessárias para que as atividades ocorram, podendo ser através de uma aula demonstrativa e posterior discussão, para que sejam estabelecidas as bases para um entendimento comum sobre as perguntas a serem feitas acerca dos fenômenos estudados. A partir daí, divididos em pequenos grupos, os alunos passam ao planejamento e a realização de experimentos com o objetivo de responder ou esclarecer a pergunta.
- As conclusões apresentadas pelos alunos devem ser devidamente justificadas podendo ser de forma oral e/ou escrita, acompanhadas da formulação de modelos capazes de explicar os fenômenos em questão, e a avaliação da compatibilidade desses modelos em comparação com os dados.
- À medida que as necessidades se apresentam, termos e ferramentas deverão ser fornecidos pelo professor visando aprimorar os modelos, facilitar o processo de modelagem, melhorando a qualidade da dinâmica e do discurso.
- O professor deve estar com antecedência, preparado com uma agenda para o progresso do aluno, orientando a investigação e discussão nessa direção com perguntas e observações "socráticas", visando a exploração de ideias, a análise dos conceitos e a busca por suposições, entre outros.
- O professor deve estar preparado para compreender e corrigir os equívocos dos alunos quando chamados a articular, analisar e justificar suas crenças pessoais.

A figura 1 nos mostra um quadro resumido de DE SOUZA e ROZAL (2016), no qual são sugeridas as ações de modelagem em cada estágio da aplicação.

Figura 1 – Quadro resumo

Estágios		Ações principais
I	Descrição do Tema	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção de um tema a ser investigado pelas equipes. • Análise das estruturas: sistêmica, geométrica, do objeto, de interação e temporal. • Elaboração de um diagrama de descrição. • Levantamento de um conjunto de variáveis (dependentes e independentes) e constantes. • Definição de uma questão de modelagem.
II	Produção de Dados	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão e planejamento da investigação. • Levantamento de informações qualitativas e quantitativas em fontes diversas (<i>internet</i>, livros, entrevistas, visitas de campo, experimentos).
III	Desenvolvimento do Modelo	<ul style="list-style-type: none"> • Construção, análise, validação e aplicação de modelos matemáticos (múltiplas representações). • Produção de <i>whiteboards</i> (organização dos modelos matemáticos).
IV	Sessões de <i>Whiteboarding</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão dos modelos matemáticos (procedimentos e conceitos). • Discurso de modelagem (argumentação científica). • Aprofundamentos conceituais (problemas abertos, experimentos, simulações computacionais).

Fonte: DE SOUZA e ROZAL (2016, p. 112).

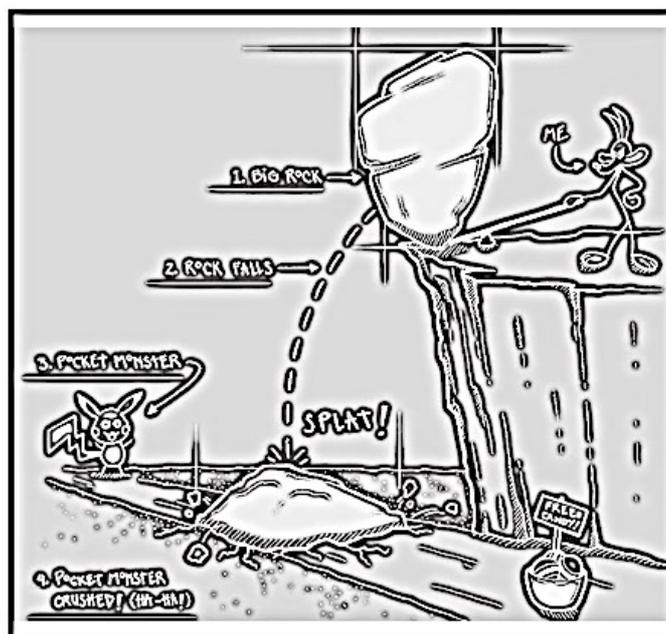
Uma alternativa possível, dado que o objetivo principal do ciclo de modelagem está focado no desenvolvimento de habilidades e uso de ferramentas de modelagem, Heidemann, Araujo e Veit (2012) sugere que

[...] ao contrário de iniciar pela exposição de uma situação física para que os estudantes explorem e construam um modelo teórico com o intuito de descrevê-lo, o ciclo pode começar com a apresentação de um modelo teórico, cabendo aos alunos avaliar a sua adequação para descrever uma determinada situação. (HEIDEMANN; ARAUJO; VEIT, 2012, p. 974).

Os alunos devem buscar a construção e avaliação de um modelo para algum sistema físico, podendo envolver o esquema diagramático representativo de uma situação acompanhado de um experimento, com posterior discussão e análise crítica dos resultados. As ferramentas que se fizerem necessárias deverão ser oferecidas pelo professor para que eventuais obstáculos possam ser superados, garantindo a fluidez do processo. Deve-se dar especial atenção dentro das opções disponíveis, às escolhas das formas e dos esquemas de representação. Os alunos podem fazer uso dos *whiteboards*, um pequeno quadro branco, no qual podem esquematizar suas ideias a serem apresentadas, discutidas e comparadas com os demais grupos nas etapas finais do ciclo de modelagem. A figura 2 traz uma representação lúdica e bem-humorada, que dialoga

com a realidade dos alunos de sua faixa etária. Devem ser avaliados, ainda nessa fase, o grau de compatibilidade entre o modelo teórico e o fenômeno físico abordado.

Figura 2 - Representação lúdica dos *whiteboards*



Fonte: Creative Director & Designer¹

Na fase final do 1º estágio, os alunos apresentam as justificativas para suas conclusões com o uso dos *whiteboards* e demais materiais disponíveis, de forma oral e/ou escrita, com terminologias apropriadas, argumentações claras e bem articuladas, ficando ao professor o papel de mediar e ajudar a esclarecer os pontos equivocados das discussões, garantindo o nível e a qualidade do debate.

No estágio final, de implementação, os grupos de alunos deverão aplicar o modelo criado em situações mais complexas, podendo fazer uso de questionários, experimentos, simulações computacionais, além dos *whiteboards*, explorando assim novas realidades de maneira a aprofundarem a sua compreensão sobre o problema e o método, apresentando ao final suas conclusões aos demais pares. O professor, enquanto mediador, deve decidir qual a maneira mais favorável a se alcançar os objetivos, auxiliando o sujeito do discurso, guiando-o em direção ao objetivo pretendido para uma conclusão edificante e satisfatória.

¹ Disponível em: <https://primitivetool.myportfolio.com/how-to-catch-them>. Acesso em: 08 ago. 2023.

Aplicação do ciclo de modelagem de Hestenes

Trabalhos de pesquisa voltados para a área do ensino de ciências veem as sequências didáticas como uma estratégia metodológica de ações pedagógicas que se concretizam através de aulas e atividades pré-concebidas, analisadas e reavaliadas sistematicamente, cujo desenvolvimento é voltado à criação de situações que propiciem aos alunos condições para a exploração, socialização e aprendizagem de temas específicos. Além da elaboração, cabe ao professor mediar esses processos que levarão o aluno a desenvolver os constructos mentais necessários para a associação entre os conceitos científicos estudados e os fenômenos observados.

A proposta deste produto educacional, estruturado e desenvolvido em consonância com as concepções dos autores citados, é criar uma sequência didática, na qual o aluno tenha maior protagonismo na exploração dos fenômenos por ele escolhido, dentro dos assuntos e dinâmicas propostas elencadas pela disciplina. Dentre as ferramentas disponíveis, estão o *software* Tracker, a ser usado para coleta e tabulação de dados, a serem usados na construção do modelo, após videoanálise do fenômeno escolhido. Durante todas as etapas investigativas, que vão desde a escolha dos objetos a serem estudados, formato, contextualização, parâmetros para o registro (filmagem) do fenômeno, até a vídeoanálise e confrontação com os modelos matemáticos já existentes, haverá à discussão sobre os diversos aspectos do fenômeno, tendo como base o ciclo de modelagem de Hestenes.

Caberá ao professor o papel mediador de fornecer os conhecimentos técnicos necessários para o melhor registro possível dos fenômenos, dentro das estratégias escolhidas pelos grupos de alunos, configuração do *software* e ambientação otimizada para videoanálise, promover a discussão sobre conceitos envolvidos, aplicação das etapas do ciclo, dentro das capacidades, possibilidades e realidade das turmas, para posterior aplicação, validação e confrontação com os modelos existentes.

Registro dos fenômenos a serem estudados

Um vídeo é uma sequência de imagens divididas em quadros ou *frames*. Comumente as câmeras atuais apresentam vídeos a uma taxa de 30 fps (*frames* por segundo). As câmeras digitais ou *smarthphones* podem produzir vídeos com 30 fps, e as especiais ou supercâmeras podem chegar a produzir filmes com até 10.000 fps! A vídeoanálise se vale desses parâmetros para examinar os vídeos. O *software* primeiramente apresenta um *frame* por vez, associado à uma *timeline*. Em cada um deles, é possível destacar os aspectos importantes do fenômeno, por exemplo, a posição de um determinado objeto associado à um intervalo de tempo, construindo ao final gráficos com as variáveis escolhidas pelo usuário.

Os alunos podem carregar um vídeo disponível na biblioteca do próprio *software* Tracker ou um vídeo de sua própria autoria. Caso queira utilizar um vídeo da biblioteca, e não tem a mesma disponível em seu computador, basta acessar o site: <http://physlets.org/tracker/> para fazer o *download* dos vídeos e experimentos disponibilizados pelo site.

Se optar por registrar o fenômeno estudado através de filmagem, alguns cuidados são essenciais. Dado o fato de que todos os dados processados dependem dos parâmetros fornecidos pelo operador, há que atentar para os seguintes pontos:

- quanto melhor a resolução e número de *frames* da filmagem, melhor será o rastreamento e a determinação da posição em função do tempo, dependendo do fenômeno estudado;
- o plano da filmagem deve ser o mesmo no qual estarão presentes o objeto de análise e os referenciais de medida para calibração;
- garantir boa iluminação para que o contraste entre o objeto analisado e fundo seja suficiente para um rastreamento o mais preciso possível.

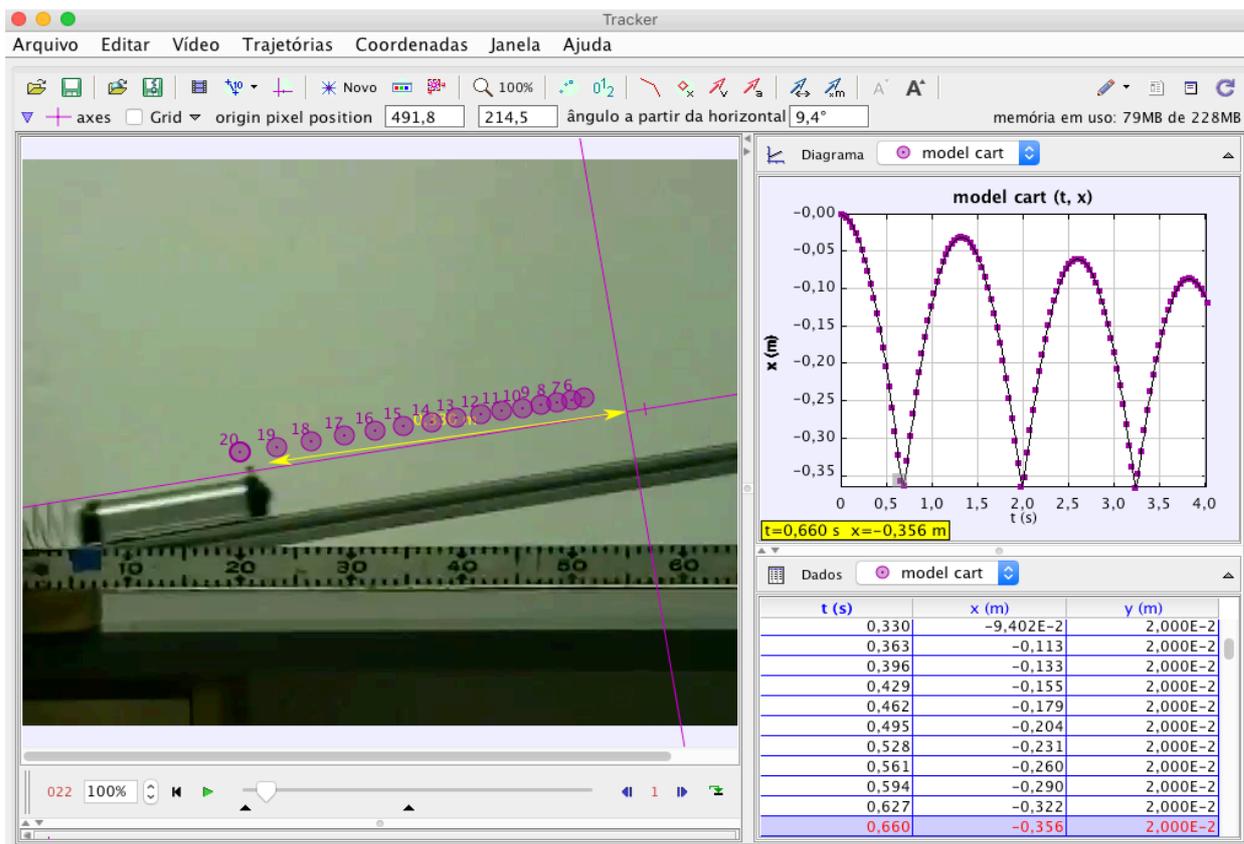
Ferramenta de videoanálise - Tracker

Desenvolvido para o ensino de física, o *software* Tracker é uma ferramenta gratuita de modelagem e videoanálise construída na estrutura Java Open Source Physics (OSP)². Possui ferramentas que permitem configurar um cenário para análise de fenômenos incluindo: eixo de coordenadas e fitas de calibração para o dimensionamento 2D, rastreamento manual ou automático da trajetória do objeto, criação de equações para manipulação dos resultados obtidos durante a videoanálise, plotagem gráfica dos pontos demarcados durante o movimento em função do tempo e/ou outras grandezas, ajustes de curvas para a determinação das variáveis e equações que melhor descrevem o fenômeno. É bastante intuitivo e suas capacidades somadas ao uso de câmeras de celulares com alta resolução criam a possibilidade de atividades práticas experimentais sem o ônus das longas sessões de tomadas de tempo, repetições exaustivas, erros procedimentais, sem deixar de permitir, ainda assim, um breve vislumbre do rigor que a ciência exige. Não raro, encontramos alunos portando *smartphones* ou *tablets*, entre outros, capazes de registrar com riqueza de detalhes o movimento dos corpos a serem analisados. De outra forma, tais equipamentos podem ser fornecidos pelas escolas e os laboratórios de informática usados para a videoanálise.

Devido a licença *open source* e por se tratar de um *software* livre, encontram-se disponíveis diversos *links* digitais voltados à sua manipulação e instrumentalização, com diversos níveis de aprofundamento e sofisticação de análise, para um grande número de experimentos, além do material de exemplo, já incluído durante sua instalação. Outro ponto importante é a diversidade de possibilidades de investigação do mesmo fenômeno em diferentes ambientes e escalas (sala de aula, pátio, quadra de esportes) pelos grupos de alunos dentro do ambiente escolar, figuras 3 e 4, o que favorece o enriquecimento das discussões finais sobre os fatores que levam à convergência dos dados.

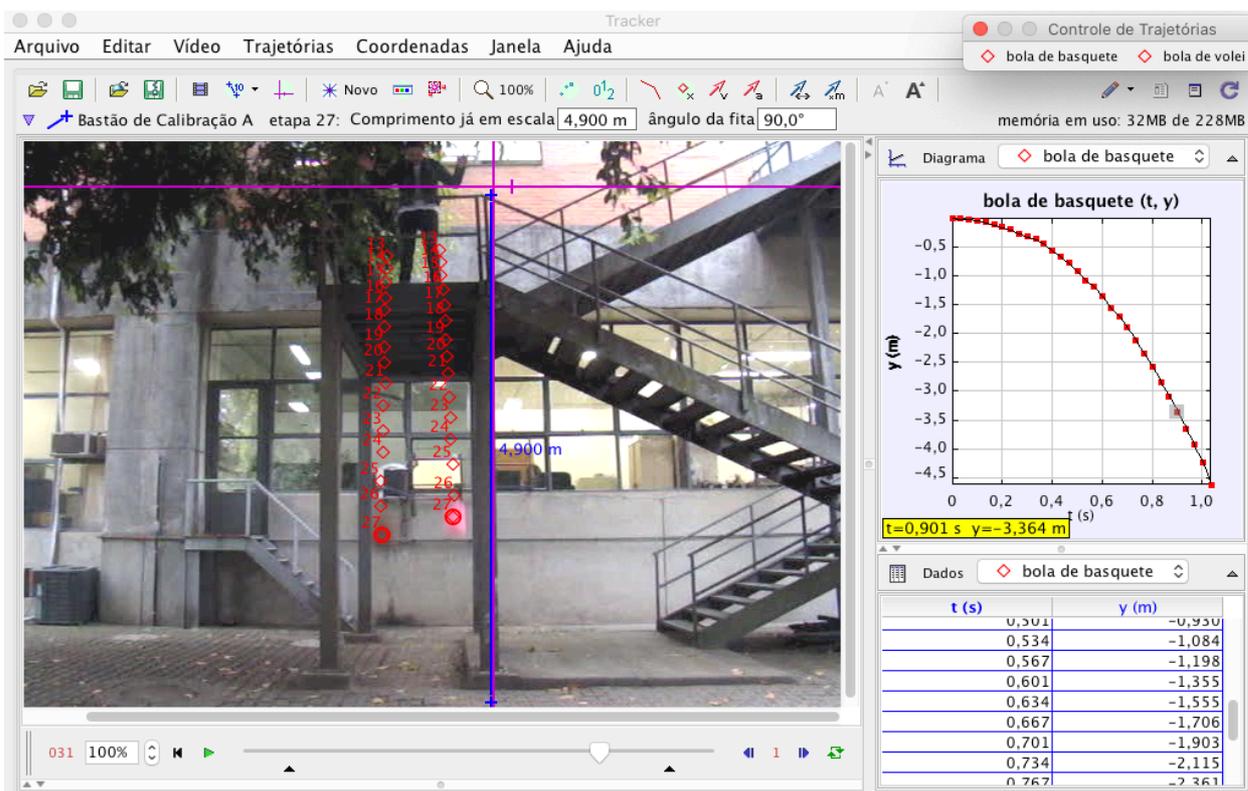
² Projeto Open Source Physics consiste numa coleção de simulações e recursos computacionais *on-line*, alojados no ComPADRE - National Science Digital Library (NSDL), e tem por base o modelo bem sucedido do projeto Physlets, de desenvolvimento não-comercial de programas em código aberto.

Figura 3 - Screenshot de uma videoanálise de pequena escala



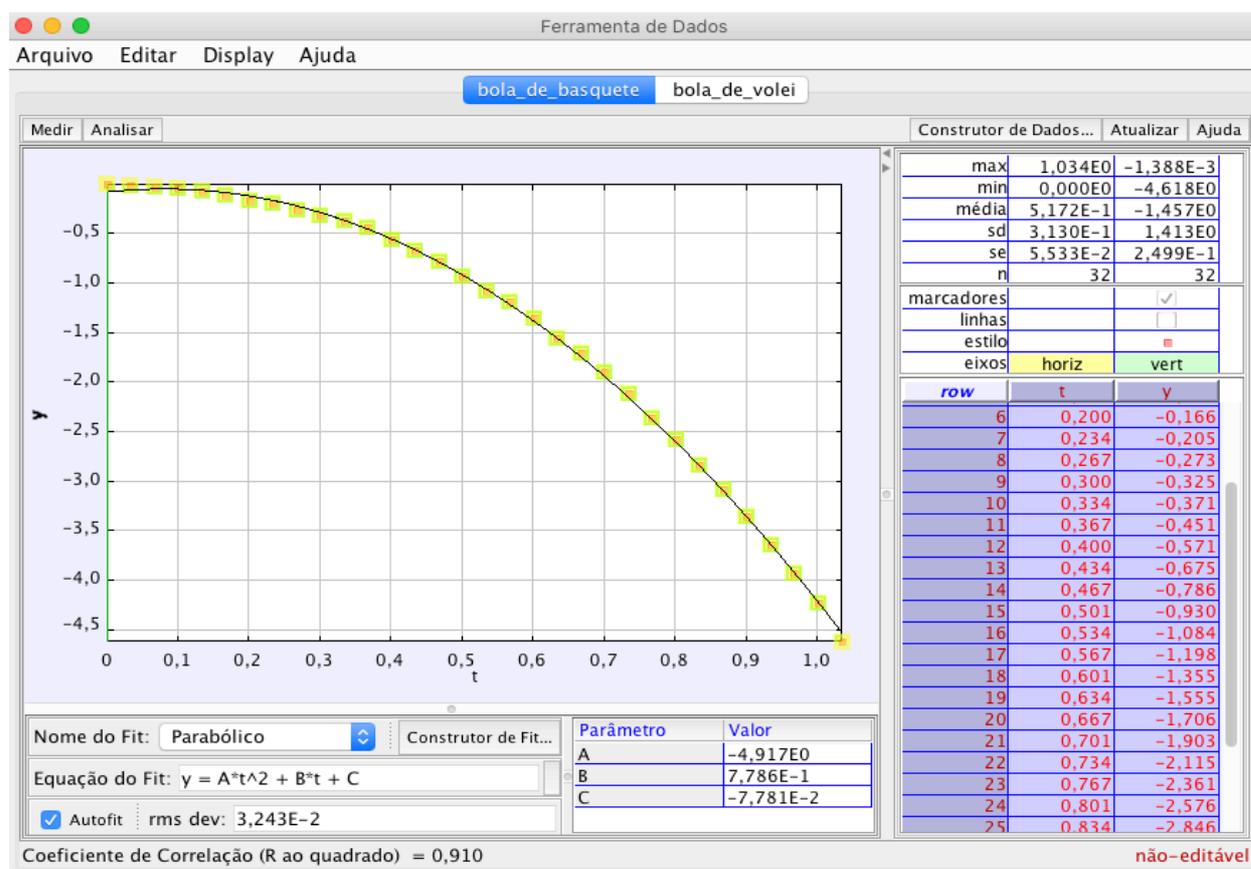
Fonte: Repositório do software Tracker.

Figura 4 - Screenshot de uma videoanálise de média escala



Fonte: Os autores.

Figura 5 - Screenshot do ajuste de curva e modelagem matemática do experimento de queda livre



Fonte: Os autores.

Sugestão de plano de aula

É importante que durante a fase de elaboração, planejamento e organização da SD estejam presentes: Título; Público Alvo; Problematização; Objetivo Geral; Objetivos Específicos; Conteúdos; Dinâmica; Avaliação; Referências e Bibliografia Utilizada. Deve-se seguir as concepções e orientações pedagógicas com as quais o professor se identifica. Como sugestão indica-se o uso de uma abordagem sócio-histórico-cultural, na qual a construção do conhecimento se dará pela interação social, permeados por elementos históricos e culturais.

Quadro 1 – Modelo elaborado da Sequência Didática para determinação da aceleração da gravidade

Título: Determinação da aceleração da gravidade de corpos em queda livre através de vídeo análise
Público Alvo
<p>Caracterização dos alunos: Alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e dos 1º e 2º do Ensino Médio, com turmas de aproximadamente 40 participantes.</p> <p>Caracterização da escola: Escolas públicas municipais, estaduais ou particulares que atendam essa faixa de ensino.</p> <p>Caracterização da Comunidade Escolar: Escolas com infraestrutura padrão de salas de aula, laboratório de informática, quadra de esportes ou espaços recreativos.</p>
<p>Problematização: O ensino de física, não raro, se depara com conceitos abstratos cujos observáveis se dão através dos efeitos de suas interações. A tentativa de explicação desses conceitos se dá por modelos que buscam explicar tais fenômenos. Nesta sequência didática, busca-se conduzir os alunos a explorarem sobre os fenômenos escolhidos, com a introdução de uma tecnologia de videoanálise, que auxiliará a tomada de dados e fornecerá os parâmetros necessários para modelagem matemática.</p>
<p>Objetivo Geral: Dar ao aluno o protagonismo na investigação do fenômeno em todas as suas etapas, que vão desde a escolha do fenômeno, o registro (filmagem), videoanálise, modelagem e a confrontação com os modelos existentes, levando-o à reflexão e possível compreensão sobre as etapas e construção dos modelos que descrevem o fenômeno.</p>
Metodologia de Ensino
<p>Número de Aulas: 8</p> <p>Objetivos Específicos: Abordagem temática de conceitos estruturantes no estudo de física.</p> <p>Conteúdo: Contextualização histórico-social do problema proposto, as necessidades que levaram a sociedade à busca da compreensão acerca do fenômeno estudado e a suas contribuições e aplicações no cotidiano. Apresentação dos conceitos prévios necessários à sua compreensão, sem discutir os modelos matemáticos ou equações que o descrevem. Discussões sobre as contribuições de Galileu Galilei para o estudo do movimento dos corpos em queda livre, linhas de campo gravitacional, conceitos de energia cinética e potencial, forças, força peso.</p> <p>Dinâmica das Atividades: Proposição e discussão sobre o fenômeno a ser estudado, divisão em pequenos grupos que farão a investigação. Haverá o uso de sala de aula, uso do espaço útil acessível aos alunos na unidade escolar para registros através de filmagem do fenômeno nas mais diversas situações, uso do laboratório de informática para videoanálise do fenômeno, discussão do processo de modelagem por meio da aplicação das diversas fases do ciclo de modelagem, verificação da validade do modelo alcançado e sua aplicabilidade, confrontação com os modelos existentes.</p> <p>Avaliação: Levará em conta a participação, contribuições durante as rodadas de discussões, a tomada de dados e os cuidados no registro dos fenômenos, apresentação ao final de cada etapa, reflexões e conclusões registradas pelos alunos.</p>

Referências sugeridas:

CORDEIRO, Antônio Luciano; DE OLIVEIRA RODRIGUES, Francisco Leandro. O software tracker: uma ferramenta educacional para potencializar o ensino de física. **Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, v. 20, n. 2, 2019.

GURGEL, I. Reflexões político-curriculares sobre a importância da História das Ciências no contexto da crise da modernidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 333-350, 2020.

TEIXEIRA, O. P. B.I. A Ciência, a Natureza da Ciência e o Ensino de Ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, p. 851-854, 2019.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de física. **Caderno brasileiro de ensino de física**, Florianópolis. Vol. 29, nº esp. 2 (out. 2012), p. 965-1007, 2012.

Fonte: Adaptado de GUIMARÃES E GIORDAN (2012, p. 4).

A aplicação da sequência didática

A aplicação poderá ser realizada em cinco etapas.

Etapa 1 - previsão 1 aula : Inicialmente, discutir com os alunos a relevância do papel da ciência na vida em sociedade e no seu desenvolvimento, onde os conceitos científicos têm grande relevância e fazem parte do nosso dia a dia, como linguagem, através das grandezas físicas fundamentais e derivadas, entre outros. Como sugestão indicamos os textos de AULER & DELIZOICOV (2006) e WARTHA (2023).

É importante que se reflita sobre a maneira pela qual os conceitos físicos são concebidos, cuja criação advém de um processo dividido em etapas, onde hipóteses são propostas, verificadas por meio da coleta de dados, validades e então transformadas em modelos matemáticos que se propõem a explicar os fenômenos abordados de maneira satisfatória, e que se mostrem suficientemente confiáveis, previsíveis, para então serem incorporados e aplicados como soluções nas mais diversas necessidades de nossa vida. Levando-os a refletir que muitas vezes, sem perceber e de forma natural, usamos inconscientemente do mesmo expediente ao criamos em nossas mentes modelos para previsão de situações essenciais em escolhas futuras e tomadas de decisões. Contextualização histórico-social do problema proposto, discussão sobre as

necessidades que levaram a sociedade à busca da compreensão acerca do fenômeno estudado e a suas contribuições e aplicações no cotidiano.

Etapa 2 - previsão 1 aula: Propor uma situação problema explorando situações do cotidiano dos alunos, de seu entorno, de modo a estabelecer um olhar mais atento, detalhado, apurado e reflexivo, o que deve conduzir, através da mediação do professor, a considerações cada vez mais aprofundadas à medida que as investigações avançarem em cada etapa do processo de modelagem.

Etapa 3 - previsão 2 aulas: Determinação do *locus*, ou palco de eventos onde haverá o estudo do fenômeno. Estabelecer quais serão os objetos analisados, quais terão maior relevância e quais poderão ser descartados, sem prejuízo para a investigação do fenômeno. O registro poderá ser através de filmagens, atentando sempre para os critérios que garantam as melhores condições possíveis para a videoanálise. Será escolhido o melhor registro a ser utilizada por todos os grupos, para que ao final, a coleta de dados e diversidade de resultados acerca do mesmo fenômeno possa ser discutida.

Etapa 4 - previsão 2 aulas: Videoanálise das filmagens realizadas pelos grupos, mediado pelo professor que fornecerá as ferramentas e explicará procedimentos necessários.

- Inicialmente deve-se proceder à instalação do *software* cujo *download* pode ser realizado em <http://physlets.org/tracker/>. Deverá ser escolhida a versão que seja compatível com o sistema operacional, e mais atualizada. O site também oferece a opção de *download* de vários vídeos e experimentos prontos para serem utilizados no Tracker a título de demonstração e treinamento para as vídeo-análises.

- *link* explicativo do uso do software de vídeo análise Tracker

<https://www.youtube.com/watch?v=W4anN9bfqKE>

- *link* explicativo do uso do software de vídeo análise on-line Jst.lucademian

<https://www.youtube.com/watch?v=-ngKq3jHuZY&t=35s>

- Após a videoanálise discutir se foram observadas as melhores condições e parâmetros de análise e tomada de dados, podendo ser repetida se necessário, de maneira a extrair as informações com qualidade suficiente para que seja possível retratar a realidade estudada com a maior acurácia e fidelidade possíveis. Durante as apresentações dos

dados pelos grupos, valorizar as diferenças e discrepâncias entre os resultados obtidos buscando compreender os motivos que os ocasionaram.

Etapa 5 - previsão 2 aulas: Apresentação dos esquemas e diagramas previstos para as sessões de *whiteboards*, dos resultados obtidos entre os grupos e os modelos matemáticos alcançados. Descrever detalhadamente todas as etapas. Demonstrar a capacidade de descritiva e analítica do fenômeno estudado pelo modelo, extrapolar para situações semelhantes e verificar a compatibilidade com outros modelos existentes.

Referências

AULER, Décio; DELIZOICOV, Demétrio. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.

BENETTI, Bernadete; RAMOS, Eugenio Maria De França; DA SILVA, André Luís. Escolas e seus laboratórios didáticos: estudo sobre espaços e possibilidades experimentais do ensino de física no nível médio. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 01348-1351, 2013.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

CORDEIRO, Antônio Luciano; DE OLIVEIRA RODRIGUES, Francisco Leandro. O software tracker: uma ferramenta educacional para potencializar o ensino de física. **Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, v. 20, n. 2, 2019.

CORRALLO, M. V. **Atividades práticas experimentais para o ensino de Física**: uma investigação utilizando a Teoria do Núcleo Central. 229 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

CORRALLO, M. V.; JUNQUEIRA, A. C.; SCHULER, T. E. . Ciclo de Modelagem associado à automatização de experimentos com o Arduino: uma proposta para formação continuada de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 35, p. 634-659, 2018.

DE SOUZA, E. S. R.; ROZAL, E. F. Instrução de modelagem de David Hestenes: uma proposta de ciclo de modelagem temático e discussões sobre alfabetização científica. *Amazônia*: **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Amazonas, v. 12, n. 24, p. 99-115, 2016.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. Elementos para Validação de Sequências Didáticas. *In*: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013, Aguas de Lindóia, SP. **Anais [...]**. Aguas de Lindóia, SP. 2013.

GURGEL, Ivã. Reflexões político-curriculares sobre a importância da História das Ciências 6no contexto da crise da modernidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n. 2, p. 333-350, 2020.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Ciclos de modelagem: uma alternativa para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial 2, p. 965-1007, out. 2012.

HESTENES, D. Toward a modeling theory of physics instruction. **American Journal of physics**, Salt Lake City, v. 55, n.5, p. 440-454, 1987.

MOREIRA, M. A.. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, p. e20200451, 2021.

TEIXEIRA, O. P. B. A Ciência, a Natureza da Ciência e o Ensino de Ciências. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 25, p. 851-854, 2019.

WARTHA, Edson José. Ciência Como Linguagem: Do Contexto ao Texto e do Texto ao Contexto. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. e46123-18, 2023.