



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA**

MARIA EDUARDA PEREIRA DA SILVA

**CICLOS MODELAGEM: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA
FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

**CAMPINA
GRANDE 2021**

MARIA EDUARDA PEREIRA DA SILVA

**CICLOS MODELAGEM: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA
FÍSICA MODERNA ATRAVES DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Licenciatura em Física da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito
parcial à obtenção do título de Licenciada
em Física.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde

**CAMPINA
GRANDE 2021**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586c Silva, Maria Eduarda Pereira da.
Ciclos modelagem [manuscrito] : uma proposta para o ensino da física moderna através da resolução de problemas / Maria Eduarda Pereira da Silva. - 2021.
21 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2021.

"Orientação : Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde, Coordenação do Curso de Física - CCT."

1. Teoria da modelagem. 2. Ciclos de modelagem. 3. Resolução de problemas. 4. Física Moderna. I. Título

21. ed. CDD 530.7

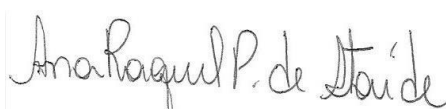
MARIA EDUARDA PEREIRA DA SILVA

**CICLOS MODELAGEM: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA FÍSICA MODERNA
ATRAVES DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

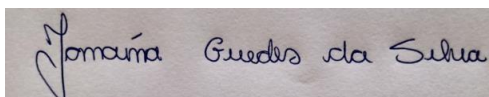
Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado ao Curso de
Graduação em Licenciatura em
Física da Universidade
Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do
título de Licenciada em Física

Aprovado em: 08/10/2021.

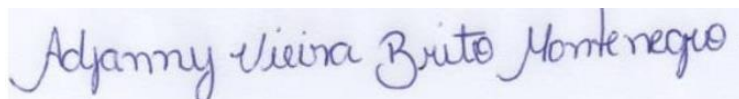
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde
(Orientadora) Universidade Estadual da
Paraíba (UEPB)



Profa. Me. Janaína Guedes da
Silva Universidade Estadual da
Paraíba (UEPB)



Profa. Me. Adjanny Vieira
Brito de Araújo Universidade
Estadual da Paraíba (UEPB)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	TEORIA DA MODELAGEM DE DAVID HESTENES E A MODELLIG INSTRUCTION.....	7
2.1	A Modelling Instruction	9
3	PERCURSO METODOLÓGICO.....	10
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	11
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	18
	REFERÊNCIAS	19

CICLOS MODELAGEM: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Maria Eduarda Pereira da Silva¹

RESUMO

O trabalho tem como objetivo principal o estudo e a elaboração de uma proposta de ensino através da atividade de resolução de problemas por meio dos ciclos de modelagem propostos por David Hestenes com o intuito de auxiliar o estudante a compreender e relacionar os modelos mentais com os modelos conceituais dos fenômenos físicos abordados. A metodologia utilizada para realização dos estudos foi de natureza qualitativa. Para alcançarmos nossos objetivos, realizamos as buscas e a escolha de situações problema referentes aos conteúdos da Física Moderna, mais especificamente aos temas Relatividade, Modelo de corpo negro e Efeito Fotoelétrico, para assim remodelá-las nos padrões da Modelagem Matemática. Posteriormente, foi elaborada, uma proposta de ciclo de modelagem tendo como base para a modelagem as situações problema, referentes ao tema relatividade, previamente adaptadas. Os resultados do estudo nos levam à conclusão de que a metodologia se constitui de uma estratégia eclética e fácil de ser utilizada no ensino, uma vez que tem como base a resolução de problemas e que estes podem assumir qualquer estrutura, ou seja, experimentais, simulações, “lápiz e papel”, desde que adaptados aos padrões da modelagem. Por fim, este tema de pesquisa poderá indicar caminhos nas metodologias abordadas no ensino de física, utilizando a modelagem matemática de David Hestenes, o que contribuirá positivamente no ensino de física, e mais especificamente na resolução de problemas o que, conseqüentemente, refletirá na Educação Básica.

Palavras-chave: Instrução por Modelagem. Ciclos de Modelagem. Resolução de problemas. Física Moderna.

¹ Estudante do curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, ep3840@gmail.com.

ABSTRACT

The main objective of the work was the study and elaboration of a teaching proposal through the activity of problem solving through the modeling cycles proposed by David Hestenes in order to help the student to understand and relate mental models with conceptual models of the physical phenomena addressed. The methodology used to carry out the studies was of a quali-quantitative nature. In order to reach our goals, we carried out the searches and the choice of problem situations referring to the contents of Modern Physics, more specifically to the themes Relativity, Blackbody Model and Photoelectric Effect, in order to remodel them in the patterns of Mathematical Modeling. Subsequently, a proposal for a modeling cycle was elaborated based on the problem situations, referring to the theme of relativity, previously adapted. The results of the study lead us to the conclusion that the methodology is an eclectic and easy to be used strategy in teaching, since it is based on problem solving and that these can take any structure, that is, experimental, simulations, “pencil and paper”, as long as they are adapted to the modeling standards. Finally, this research topic may indicate paths in the methodologies addressed in the teaching of physics, using mathematical modeling in the Hestenesian format, which will positively contribute to the teaching of physics, and more specifically in problem solving, which will consequently reflect on Education Basic.

Keywords: Modeling Instruction. Modeling Cycles. Solving Problems. Physics Modernig

1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino e aprendizagem de física, no Brasil, têm sido reconhecido através de diversos estudos como deficiente. Este ensino encontra-se traduzido apenas em propostas de aprendizagem mediante a verbalização de definições relativas aos conceitos físicos e por meio de instrumental matemático, sem apresentar quaisquer relações entre elas. Em geral, o ensino de física se caracteriza ainda pelos exercícios repetitivos, problemas mecanicistas, utilização de uma sucessão de “fórmulas”, muitas vezes decoradas de forma literal, sem considerar os possíveis danos ocasionados a aprendizagem quando não considerada uma análise mais profunda, visando à compreensão dos fenômenos e conceitos físicos envolvidos. Esta questão, discutida em diversos estudos, fortalece a necessidade de refletir a problemática na tentativa de buscar soluções que venham se traduzir em novas metodologia, abordagens e estratégias para o ensino de Física (MOREIRA e GRECA, 2003).

Considerando todos os níveis de ensino, podemos destacar que a compreensão de uma determinada teoria se dá pela necessidade de descrever os fenômenos de acordo com ela, e também pela solução de problemas. Neste contexto, os estudantes devem ser capazes de identificar as propriedades físicas que servem para descrevê-los e relacionar as mesmas com as variáveis quantitativas que as representam (HESTENES, 1987). Este processo é nomeado de “modelização” e tem sua maior complexidade concentrada na aprendizagem mecânica de conceitos e algoritmos (GRECA e MOREIRA, 2002). Por essa razão, a modelização como um elemento focal no ensino de física, e mais especificamente na resolução de problemas, está sendo discutida como uma grande aliada nas tentativas da melhoria da aprendizagem dos conceitos científicos (HESTENES, 1987; SOLAZ-PORTOLÉS e LÓPEZ, 2007; BATISTA e FUSINATO, 2015).

Autores como Hestenes (*apud* SOUZA, 2016) e Heidemann et al (2012), destacam a Instrução por Modelagem como nova metodologia de ensino, mostrando que a mesma possui uma forma motivacional, onde é possível que os estudantes possam aproximar as experiências do dia a dia com o assunto estudado em sala de aula.

Souza (2015) afirma que a teoria de modelagem é posta como uma opção pedagógica ao alcance do professor de Física, tendo o seu método centrado na construção de conhecimento voltado para o aluno e seus modelos mentais, onde o professor aparece como instrutor, sua organização se dá pela instrução de Ciclos de Modelagem. Para Hestenes (*apud* SOUZA, 2016) o ciclo de modelagem pode ser constituído por quatro fases principais: construção, análise, validação e aplicação do modelo. Durante a construção desse ciclo e dependendo do objetivo podem aparecer grandes variações de ênfases sobre essas quatro fases.

Neste sentido, têm sido buscadas algumas estratégias de ensino (HESTENES, 1987; GRECA, 2002). Dentre muitas possibilidades destacamos as que se propõem a utilizar a modelização de conceitos através da resolução problemas (PINHEIRO, et al, 2001), e as que se destacam pela utilização da

modelagem matemática de David Hestenes. Nosso trabalho tem por objetivo o estudo e a elaboração de uma proposta de ensino através da atividade de resolução de problemas através dos ciclos de modelagem, propostos por David Hestenes, com o intuito de auxiliar o estudante a compreender e relacionar os modelos mentais com os modelos conceituais dos fenômenos físicos abordados, entendendo que esse processo poderá conduzir a construção e compreensão do conhecimento trabalhado.

2 TEORIA DA MODELAGEM DE DAVID HESTENES E A MODELING INSTRUCTION

David Orlin Hestenes, físico e educador norte americano, desenvolveu nas últimas três décadas a teoria da modelagem, uma teoria no âmbito do conhecimento cognitivo, a qual busca relações entre modelos mentais e modelos conceituais tendo por intuito uma base teórica pedagógica para a ciência e a matemática (SOUZA e ESPIRITO SANTO, 2017).

Para Hestenes (2006), a construção e manipulação de modelos mentais é a base da cognição em ciências e matemática. Por outro lado, modelos mentais são representações analógicas, um tanto quanto abstraídas, de conceitos, objetos ou eventos que são temporalmente análogos a impressões sensoriais, mas que podem ser vistos de qualquer ângulo e que em geral não retêm aspectos distintivos de uma dada instância de um objeto ou evento (LAIRD, 1983). No entanto, idealmente, deveria haver uma relação direta e simples entre o modelo conceitual e o modelo mental, muito frequentemente, não é isso que acontece.

Nesse contexto a Teoria da Modelagem foi desenvolvida como aporte teórico para a didática conhecida como Modeling Instruction (SOUZA e ESPIRITO SANTO, 2017).

Para Hestenes (1987), a modelagem do mundo físico deve ser um tema central da instrução em Física, e essa ideia tem aporte na análise da estrutura conceitual da Física, a qual identifica que fatos essenciais do conhecimento processual não são explicitamente formulados e ensinados em aulas de Física.

Para tanto, é necessária a compreensão de quais modelos estamos falando. “Um modelo é um objeto substituto, uma representação conceitual de uma coisa real” (HESTENES, 1987, p. 4). Os modelos em física têm um caráter matemático, ou seja, as propriedades físicas são representadas por variáveis quantitativas nos modelos.

Greca e Santos (2005, p. 35), definem esses modelos como:

O modelo físico é, em geral, a descrição resultante quando os enunciados da teoria se referem a um sistema ou fenômeno simplificado e idealizado. O modelo matemático constitui um sistema axiomático articulado dedutivamente, que permite expressar os enunciados da teoria na forma de relações e equações.

Nesse sentido, modelar fenômenos físicos reque a interligação de dois sistemas de signos, os matemáticos e os linguísticos (GRECA e SANTOS, 2005).

Arelados, em maior ou menor grau de envolvimento, a estes sistemas estão os modelos descritivos/explicativos para fenômenos físicos que são os modelos físicos e os modelos matemáticos.

No âmbito da resolução de problemas, Hestenes (1987) a compreende como um processo de modelagem e subdivide o processo de desenvolvimento do modelo em quatro estágios principais a serem implementados sucessivamente e apresenta uma teoria de modelagem geral.

Os estágios de desenvolvimento do modelo são integrantes de uma estratégia que coordena a aplicação de dados científicos e conhecimento matemático à modelagem de objetos e processos físicos.

Para entender como a estratégia se aplica, é preciso ver como ela coordena táticas e técnicas de modelagem específicas. Com esse objetivo, discutiremos os quatro estágios de modelagem - (I) Descrição, (II) Formulação, (III) Ramificação e Validação - na ordem de sua implementação.

I – O estágio de Descrição consiste da identificação dos elementos descritivos do fenômeno ou sistema a ser modelado, em uma situação física os elementos a serem identificados são, geralmente: as variáveis de estado; as representações, tabelas, gráficos, o que é denominado de mapa do fenômeno a ser modelado; as interações entre as variáveis e por fim as equações matemáticas disponíveis.

II – Na Formulação são aplicadas as leis físicas para se determinar as equações que estruturam o fenômeno ou objeto a ser modelado.

III – No estágio de Ramificação as propriedades e implicações especiais do modelo são trabalhadas. É nesse estágio onde as relações entre as equações são estabelecidas a partir da análise do modelo. O processo de ramificação é em grande parte matemático e os livros didáticos geralmente não o aborda adequadamente, não evidenciam estas relações o que contribui para a dificuldade que os estudantes têm em reconhecer quando uma determinada relação é exigida (HESTENES, 1987).

IV - O Estágio de Validação está preocupado com a avaliação empírica do modelo. Em um problema de livro texto, isso pode não ser mais do que avaliar a razoabilidade dos resultados numéricos. No entanto, na pesquisa científica, pode envolver um teste experimental elaborado.

Os estudantes frequentemente não percebem quando a resposta a um problema não tem um sentido físico e não têm ideia de como a resposta pode ser verificada. Eles não percebem que a solução completa para um problema é baseada em um modelo a partir do qual quaisquer respostas numéricas surgem como resultados subsidiários. É todo o modelo que precisa ser avaliado quando uma solução é verificada. Enquanto os alunos considerarem a solução como um mero número ou equação, a única maneira de verificar isso é comparando-a a um padrão de resposta (Hestenes, 1987).

Essas considerações gerais pretendem sugerir que o uso sistemático da teoria de modelagem na instrução deve ajudar os estudantes a construir uma

visão unificada e coerente da ciência. Mas, como utilizá-la com fins diretos na instrução?

Para suprir a necessidade de utilização da teoria da modelagem no ensino foi proposta a didática denominada Modeling Instruction.

2.1 A MODELING INSTRUCTION

A Modeling Instruction surgiu a partir do ano de 1987, como produto de um grande programa de pesquisa desenvolvido por David Hestenes e seus colaboradores, esta didática nasce com o objetivo de planejar, executar e avaliar atividades pedagógicas no ensino de física básica, fundamentadas na Teoria da Modelagem (SOUZA e ESPIRITO SANTO, 2017).

O nome Modeling Instruction expressa uma ênfase na construção e aplicação de modelos conceituais de fenômenos físicos como um aspecto central da aprendizagem e do fazer ciência (HESTENES, 1987). Estudantes em aulas de modelagem podem experimentar, desde cedo, a riqueza de aprender sobre o mundo natural.

Uma das intenções da utilização da Modeling Instruction no ensino de física é o de tentar corrigir muitas fraquezas do método tradicional de aulas expositivas e demonstração, incluindo a fragmentação do conhecimento, a passividade do estudante e a persistência de crenças ingênuas sobre o conhecimento físico e sua construção. Ela enfatiza o desenvolvimento de uma compreensão conceitual sólida por meio de representações gráficas e diagramáticas antes de passar para um tratamento algébrico da resolução de problemas.

Nessa didática o ensino é organizado em ciclos de modelagem em vez de unidades de conteúdo tradicionais. Isso promove um entendimento integrado dos processos de modelagem e da aquisição de habilidades de modelagem coordenadas. Os dois principais estágios desse processo são o desenvolvimento dos modelos e a implantação dos modelos (JACKSON, DUKERICH e HESTENES, 2008).

O estágio do desenvolvimento dos modelos normalmente inicia com uma demonstração e discussão em sala de aula. Isso estabelece um entendimento comum de uma pergunta a ser feita sobre a natureza. Em seguida, em pequenos grupos, os estudantes colaboram no planejamento e na condução de experimentos para responder ou esclarecer a questão. Os estudantes apresentam e justificam suas conclusões de forma oral e escrita, incluindo a formulação de um modelo para os fenômenos em questão e uma avaliação do modelo por comparação com os dados.

Termos técnicos e ferramentas de representação são introduzidos pelo professor conforme são necessários para aprimorar os modelos, facilitar as atividades de modelagem e melhorar a qualidade do discurso. O professor precisa conduzir a discussão e orientação dos estudantes visando o progresso destes e para tanto deve utilizar-se de questionamentos e comentários, no entanto sem apresentar uma solução para o problema. Durante esse processo o professor se apropria de um conjunto de equívocos típicos dos estudantes a serem abordados à medida que estes são induzidos a articular, analisar e

justificar suas crenças pessoais (HESTENES,1982).

No desenvolvimento do ciclo de modelagem é necessário que o professor possua habilidades de gestão argumentativa em sala de aula (SOUZA e ESPIRITO SANTO, 2017).

Durante o estágio de implantação dos modelos os estudantes aplicam seu modelo recém descoberto a uma nova situação. Eles trabalham analisando situações desafiadoras em pequenos grupos e, em seguida, apresentam e defendem seus resultados para a turma. Esta etapa também inclui resolução de problemas, testes com planilhas e práticas de laboratório.

Os resultados desse processo é a geração de relatórios escritos onde as respostas são resultado da sistematização e discussão dos procedimentos realizados e das resoluções construídas.

O ciclo de modelagem é avaliado processualmente, a ideia é de uma avaliação formativa, no entanto o professor pode optar por avaliar também individualmente, utilizando recursos o que possibilitem mencionar a compreensão conceitual no decorrer do processo de modelagem.

Certamente, a teoria da modelagem apresenta pontos que precisam de aperfeiçoamento e de desenvolvimento quando de sua aplicação. E a tarefa está longe de ser trivial, embora em grande parte consistirá em articular e organizar ideias bem conhecidas para a utilização em situações reais em salas de aula para o ensino da física.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

A metodologia desenvolvida, em todas as etapas do trabalho utilizou-se fundamentalmente de um estudo teórico e de instrumentos da metodologia qualitativa, pois esta permitirá um estudo com maior detalhamento. Inicialmente constou de estudo específico, realizamos uma pesquisa em busca de situações problema referentes à Física Moderna. Após a busca, foram escolhidas quatro questões para passar pela reestruturação, onde as mesmas adquiriram as características padrão dos problemas adequados à modelagem matemática, seguindo o modelo proposto por Brewster(2008).

Após a elaboração e reestruturação dos problemas foi realizado o teste do grau de confiabilidade dos problemas, para isso foi utilizado o método da validação de conteúdo, o qual indica à medida que uma amostra é representativa do conteúdo. A validação de conteúdo foi realizada pela análise de um conjunto de examinadores especialistas: professores de Física do Ensino Superior e professores da Educação Básica, os quais cursam mestrado na área de Ensino de Física e Ensino de Ciências.

Na sequência foi realizado um estudo dos processos de resolução dos problemas utilizando a modelagem e a Modeling Instruction como norteadora da resolução. Integrou também essa etapa da pesquisa a elaboração do ciclo de modelagem para a resolução dos problemas, esse ciclo tem como objetivo auxiliar ao professor que deseja utilizar esse modelo didático em suas aulas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Escolha do tema e dos problemas a serem reestruturados:

No que diz respeito à escolha do tema, elegeu-se temas, que no geral, são abordados com pouca profundidade no Ensino Médio, temas integrantes da chamada Física Moderna, quais sejam: Relatividade Restrita, Modelo de Corpo Negro e Efeito Fotoelétrico, e passou-se, a partir de então, para os aprofundamentos dos conceitos inerentes aos temas, bem como, identificar fenômenos físicos interessantes para a elaboração dos problemas.

Após o estudo inicial do tema, se iniciou a fase de reestruturação dos problemas. Na medida em que os problemas eram reestruturados, seguindo o modelo proposto por Brewe (2008), construiu-se também uma proposta de ciclo de modelagem, destacamos que se faz necessário o domínio da criação, produção e explicação dos problemas, antes que esse possa ser utilizado em sala de aula com os estudantes.

O processo de reestruturação dos problemas é um processo complexo que envolve o estudo aprofundado do problema padrão, o levantamento de hipóteses, a busca por possíveis respostas, os testes de modelagem e a proposta de modelagem matemática, após essa etapa chegou-se à reestruturação de dois problemas no tema Relatividade, um tratando de Radiação do Corpo negro e mais um enfocando o Efeito Fotoelétrico, totalizando assim quatro problemas reestruturados.

Reestruturação dos Problemas

A reestruturação dos problemas foi baseada, como exposto anteriormente, no modelo proposto por Brewe (2008), o qual tem como objetivo principal a adequação de problemas convencionais, encontrados em manuais didáticos, para problemas que envolvam, para a sua resolução, o uso de habilidades e ferramentas de modelagem.

Para tanto utilizamos quatro problemas convencionais, “lápiz e papel” e os adaptamos para a possível utilização em propostas de ciclos de modelagem. Os problemas originais e adaptados são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Problemas adaptados para o ciclo de modelagem.

Problemas Padrão	Problemas de Modelagem
Tema: Relatividade ¹	

Uma nave espacial (<i>E</i>) viaja no espaço com velocidade igual a 90% da velocidade da luz em relação a Terra, uma outra nave (<i>K</i>) viaja em sua direção com velocidade de 80% da velocidade da luz também em relação a Terra, pergunta-se qual a velocidade da nave <i>K</i> em relação à nave <i>E</i> ?	Construa o modelo mais completo que conseguir da seguinte situação: Uma nave espacial (<i>E</i>) viaja em relação a terra com velocidade igual a 90% da velocidade da luz. Qual a velocidade de uma nave (<i>K</i>) em relação a nave (<i>E</i>) se a mesma viaja em direção a nave (<i>E</i>) com 80% da velocidade da luz também em relação a terra?
Um observador A no interior de um foguete mede um intervalo de tempo igual a 1 hora. Para um observador B na Terra, o foguete desloca-se a uma velocidade de 180.000 km/s (ou 0,6 <i>c</i>). a) Qual será o tempo transcorrido para o	Construa o modelo mais completo que conseguir da seguinte situação: Um observador (<i>A</i>) mede um intervalo de tempo de 1 hora no interior de um foguete. Qual será o tempo transcorrido para um observador (<i>B</i>) que se encontra na terra,

¹ Problema retirado de: <http://www.fisicaexe.com.br/fisical/fismod/relatividade/exerrelatividade.html>

observador B? b) Qual foi o percentual do aumento de tempo?	levando em consideração que o observador (<i>A</i>) desloca-se em uma velocidade de 180.000 km/s (0,6 <i>c</i>) em relação a terra.
Tema: Modelo de Corpo Negro	
Um corpo negro precisa ser necessariamente um corpo escuro?	Construa o modelo mais completo que conseguir da seguinte situação: um corpo precisa ser necessariamente um corpo escuro?
Tema: Efeito Fotoelétrico	
(UFG-Go) O efeito fotoelétrico, explorado em sensores, células fotoelétricas e outros detectores eletrônicos de luz, refere-se à capacidade da luz de retirar elétrons da superfície de um metal. Quanto a esse efeito, pode-se afirmar que: <ul style="list-style-type: none"> a) energia dos elétrons ejetados depende da intensidade da luz incidente. b) energia dos elétrons ejetados é discreta, correspondendo aos quanta de energia. c) função trabalho depende do número de elétrons ejetados. d) velocidade dos elétrons ejetados depende da cor da luz incidente. e) número de elétrons ejetados depende da cor da luz incidente. 	Construa o modelo mais completo que conseguir da seguinte situação: observando a simulação do Efeito Fotoelétrico e explorado em sensores, células fotoelétricas e outros detectores eletrônicos de luz, refere-se à capacidade da luz de retirar elétrons da superfície de um metal. Quanto a esse efeito, pode-se afirmar que: <ul style="list-style-type: none"> a) energia dos elétrons ejetados depende da intensidade da luz incidente. b) energia dos elétrons ejetados é discreta, correspondendo aos quanta de energia. c) função trabalho depende do número de elétrons ejetados. d) velocidade dos elétrons ejetados depende da cor da luz incidente. e) número de elétrons ejetados depende da cor da luz incidente.

Fonte: Elaboração própria

Validação dos Problemas

O processo de validação dos problemas, que consiste da avaliação dos problemas, do julgamento quanto a pertinência ou não e da proposição de

melhorias na forma de abordagem do assunto, foi realizado em dois momentos, o primeiro para os problemas do tema Relatividade e o segundo momento para os problemas dos temas Modelo de Corpo Negro e Efeito Fotoelétrico.

Para o primeiro momento foram convidados doze especialistas da área, sendo dez professores da educação básica e dois professores do ensino superior. Ao enviar o conjunto de questões aos professores do ensino superior deixamos claro o objetivo da pesquisa, bem como o do instrumento em questão, em seguida, pedimos que dessem suas contribuições apontando se a forma como as questões foram formuladas possibilitaria o retorno por parte dos estudantes fornecendo dados relevantes à pesquisa. Sendo assim, para os professores de ensino superior as questões atendiam à expectativa de respostas esperadas a serem dadas pelos estudantes.

Já ao grupo de professores da educação básica foi pedido que fizessem uma análise e apontassem se os estudantes concluintes do Ensino Médio conseguiriam compreender o que se pedia nas questões, bem como resolvê-las. A análise feita pelos dez professores da educação básica apresentou como resultado que estudantes concluintes do ensino médio conseguiriam compreender o que foi proposto, mas apresentariam dificuldades na resolução por falta de conhecimento dos conceitos abordados em cada questão.

No segundo momento de validação, referente aos problemas dos temas Modelo de Corpo negro e Efeito Fotoelétrico, foram convidados cinco peritos da área, professores do ensino superior. Foi solicitado a eles o mesmo que se solicitou no primeiro momento, estes realizaram o processo de validação e concluíram, semelhantemente ao momento anterior, que as questões atendiam à expectativa de respostas esperadas a serem dadas pelos estudantes.

Proposta de Ensino: Ciclo de Modelagem

A proposta de ensino foi elaborada para ser desenvolvida, em atividades de resolução de problemas e está estruturada para execução em 4 aulas de 50 minutos, sendo composta por dois momentos baseados na estrutura de ciclos de modelagem, elemento integrante da metodologia conhecida como Modelling Instruction.

Apresentaremos uma proposta de ciclo de modelagem utilizando o tema Relatividade, justificamos a escolha do tema pela importância em diferentes áreas, especialmente nas aplicações tecnológicas, por ser um tema ainda pouco abordado nas aulas de física da Educação Básica e por ser alvo de muitas reclamações por parte dos estudantes quanto a complexidade das compreensões exigidas por ele.

No Quadro 2 consta o público alvo, a quantidade de aulas, os conteúdos abordados e os recursos utilizados.

Quadro 2. Público alvo, quantidade de aulas, conteúdos abordados e recursos utilizados

Público alvo	Estudantes do 2º ano do Ensino Médio
Número de aulas	4 aulas de 50 minutos
Conteúdos abordados	Movimento e velocidade relativa

Recursos de ensino	<ul style="list-style-type: none"> • Projetor de multimídia, notebook, Powerpoint; • Cartolinas ou quadros brancos, canetas emarcadores; • Textos sobre matemática; • Feedback do processo a partir do monitoramento das atividades desenvolvidas pelos estudantes ao longo da implementação do ciclo.
--------------------	--

Fonte: Elaboração própria

Os ciclos de modelagem são constituídos por dois estágios denominados de desenvolvimento do modelo (Estágio 1) e implementação do modelo (Estágio 2). Nossa proposta consiste da elaboração e apresentação de um roteiro de realização de um ciclo de modelagem tendo como base a aplicação da metodologia da Modelling Instruction. Elaboramos a estruturação geral do roteiro como apresentado no Quadro 3:

Quadro 3. Estruturação geral do roteiro do ciclo de modelagem.

<p>Primeiro Estágio: Desenvolvimento do Modelo</p>	<p>a) Discussão pré-laboratorial: O professor apresenta o problema inicial. b) Investigação: Em pequenos grupos os estudantes trabalham no planejamento e na condução da resolução do problema. c) Discussão pós-laboratorial: em conjunto, os estudantes apresentam e justificam suas conclusões na forma oral e escrita por meio de quadros brancos.</p>
<p>Segundo Estágio: Implementação do Modelo</p>	<p>a) Os estudantes implementam o modelo recém confeccionado em um novo problema (problema de afinamento).</p>

Fonte: Elaboração própria

Primeiro Estágio: Desenvolvimento do modelo:

Como já descrito anteriormente, esse estágio é composto por três fases, descreveremos os processos didáticos referentes a cada uma delas, o que deixará mais clara a construção da proposta do ciclo de modelagem.

Na primeira fase, denominada de discussão pré-laboratorial, o objetivo é estabelecer um entendimento comum de uma questão ou problema a ser respondido sobre a natureza (JACKSON; DUKERICH; HESTENES, 2008). Para tanto o professor terá que apresentar um problema que pode ser um experimento, uma simulação ou um problema convencional chamado problema de “lápiz e papel”, no nosso caso optamos, como exposto na metodologia, por um problema do tipo “lápiz e papel”, capaz de ser resolvido através da modelagem o essencial é que o problema envolva o uso de habilidades e ferramentas de modelagem (HESTENES, 1996) e, para isso, até mesmo problemas padrão de livros didáticos, podem ser adaptados para ciclos de modelagem. No quadro 4, apresentamos a adaptação realizada tendo como base um problema padrão, resultando em um problema de modelagem, que utilizamos como problema inicial da nossa proposta.

Na fase de investigação ou análise, os estudantes são subdivididos em

pequenos grupos, onde os mesmos começam a trabalhar no planejamento e na condução dos processos de resolução para responder ou esclarecer o problema proposto (JACKSON; DUKERICH; HESTENES, 2008). No decorrer dessa fase, os professores devem estar preparados para introduzir novas ferramentas de representações de acordo com as necessidades que forem surgindo por parte dos estudantes.

Hestenes (2006) destaca que é necessário dar maior atenção ao papel crítico do tipo de representação no desenvolvimento da compreensão física. Deve-se reconhecer que a habilidade de modelar, e assim compreender, depende das ferramentas disponíveis (equações, gráficos, tabelas, diagramas, etc.). Desta forma, as atividades devem ser colocadas de forma favorável para desenvolver habilidades no estudante para utilizar tais ferramentas.

Quadro 4: Problema inicial adaptado para o ciclo de modelagem proposto pela autora.

Problema Padrão inicial	Problema de Modelagem inicial
Uma nave espacial (<i>E</i>) viaja no espaço com velocidade igual a 90% da velocidade da luz em relação a Terra, uma outra nave (<i>K</i>) viaja em sua direção com velocidade de 80% da velocidade da luz também em relação a Terra, pergunta-se qual a velocidade da nave <i>K</i> em relação à nave <i>E</i> ?	Construa o modelo mais completo que conseguir da seguinte situação: Uma nave espacial (<i>E</i>) viaja em relação a terra com velocidade igual a 90% da velocidade da luz. Qual a velocidade da nave (<i>K</i>) em relação a nave (<i>E</i>) se a mesma viaja em direção a nave (<i>E</i>) com 80% da velocidade da luz também em relação a terra?

Fonte: Elaboração própria

Os termos técnicos, por sua vez, serão introduzidos pelo professor na medida em que são necessários para aprimorar a qualidade dos discursos dos estudantes. Durante esse processo, os estudantes contarão com o auxílio de cartolinas e/ou papéis de ofício (quadro brancos), onde podem organizar e compartilhar suas ideias, é importante sugerir que eles criem rascunhos dos seus modelos em seus cadernos, para que consigam passar para a cartolina de forma clara, ajudando assim no momento da exposição.

Continuando na fase de investigação, os estudantes devem avaliar a adequação do modelo teórico utilizado para representar o fenômeno físico estudado. Hestenes (1996) ressalta que não é de se esperar uma correspondência perfeita, porque cada modelo é uma representação incompleta, isto é, há sempre algumas características do sistema que não são representadas pelo modelo.

Na última fase do primeiro estágio do ciclo de modelagem, a fase de discussão pós-laboratorial, os estudantes irão comunicar seus achados de forma oral aos colegas, dialogarem comparando os resultados de cada grupo, apresentarão e justificarão suas conclusões na forma oral e escrita. Para isso, podem ser utilizadas as mais diversas ferramentas, destacando-as em suas cartolinas e/ou papéis de ofício. Desta maneira, buscaremos aprimorar a habilidade de argumentação dos estudantes e a qualidade de seus discursos. Durante essa etapa, é de suma importância estabelecer um clima de abertura e respeito de forma que cada estudante se sinta incentivado a participar.

O professor, por sua vez, assumirá o papel de orientador e mediador, ficando sempre atento às principais concepções que os estudantes forem expondo sobre os conteúdos de física abordados. Pois os mesmos serão discutidos com os estudantes, que são convidados a explicitar suas ideias e seu

raciocínio, de modo que, a partir de suas contribuições, se estabeleçam as bases para o compartilhamento de significados entre os participantes do processo de ensino e aprendizagem. A participação ativa dos estudantes nas etapas anteriores do ciclo de modelagem melhora a qualidade dessa discussão de encerramento (HESTENES, 2006).

A avaliação da validade do modelo criado passará por uma análise do que é negligenciado pelo modelo teórico, podendo haver também um balanço das fontes de incertezas dos dados empíricos obtidos, nesse momento o professor agirá como mediador entre os modelos construídos e apresentados pelos estudantes e o modelo cientificamente aceito.

Segundo Estágio: Implementação do modelo:

Nesse estágio, denominado de implementação do modelo, os estudantes utilizam o modelo recém explorado em novas situações para refinar e aprofundar a sua compreensão (JACKSON, DUKERICH & HESTENES, 2008). Os estudantes poderão, nesta fase, trabalhar com problemas desafiadores, colocados pelo professor, essa fase pode incluir testes, questionários, bem como outro problema de afinamento que se enquadre dentro do modelo matemático, em nossa proposta optamos pelo problema de afinamento, o qual expomos a sua adaptação realizada tendo como base um problema padrão no Quadro 4.

Quadro 4. Problema de afinamento para o ciclo de modelagem proposto pela autora.

Problema Padrão de Afinamento	Problema de Modelagem de Afinamento
Um observador A no interior de um foguete mede um intervalo de tempo igual a 1 hora. Para um observador B na Terra, o foguete desloca-se a uma velocidade de 180.000 km/s (ou 0,6 c). a) Qual será o tempo transcorrido para o observador B? b) Qual foi o percentual do aumento de tempo?	Construa o modelo mais completo que conseguir da seguinte situação: Um observador (A) mede um intervalo de tempo de 1 hora no interior de um foguete. Qual será o tempo transcorrido para um observador (B) que se encontra na terra, levando em consideração que o observador (A) desloca-se em uma velocidade de 180.000 km/s (0,6 c) em relação a terra.

Fonte: Elaboração própria

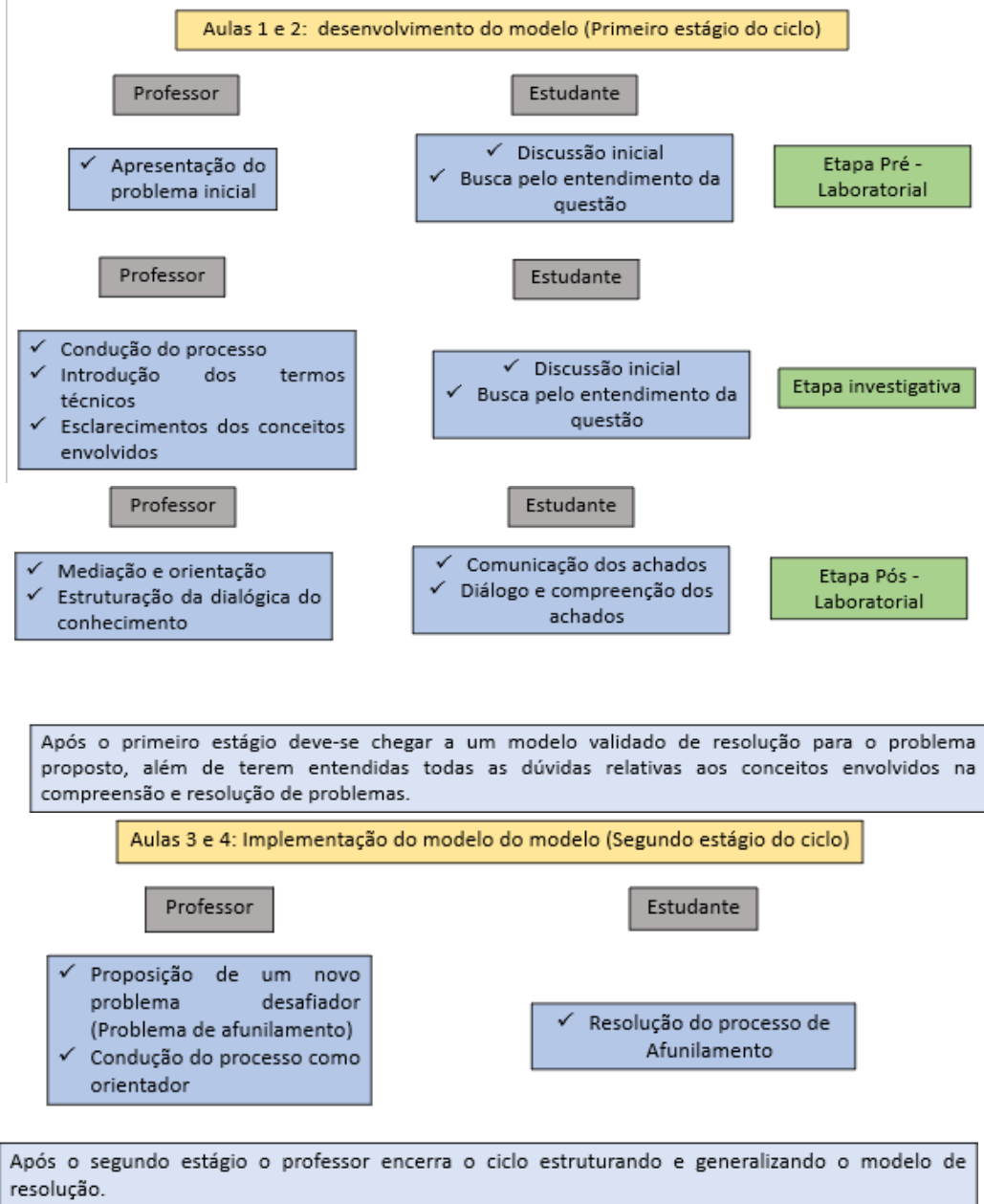
Podemos destacar o professor como o elemento mais crítico na implementação bem sucedida dos ciclos de modelagem, pois o mesmo deve ter clareza dos seus objetivos, mantendo também um bom ambiente de abertura com seus estudantes, os quais devem ser envolvidos repetidamente nas discussões sobre modelagem para que naturalmente substituam termos vagos da linguagem cotidiana por termos científicos e esse processo pode durar semanas (HESTENES, 1996).

Após o desenvolvimento da implementação do modelo o professor deverá encerrar o ciclo de modelagem sistematizando e generalizando o modelo construído, esse momento é de fundamental importância pois proporcionará a oportunidade de dirimir dúvidas e construir novas possibilidades de utilização do modelo construído.

Apresentamos na Figura 1 um esquema com a sumarização da proposta de ensino, ou seja do ciclo de modelagem para resolução do problema.

Faz-se importante enfatizar que a atividade de resolução de problemas é uma das estratégias de ensino mais utilizadas no processo de ensino e aprendizagem da Física e diante do aqui discutido, a forma como essas atividades são trabalhadas pode levar a dificuldades de compreensão dos conceitos. No entanto, Isso não significa que sua utilização deve ser abolida das salas de aula, mas, que deve-se dedicar uma maior atenção ao planejamento e desenvolvimento dessas atividades, de forma que estas auxiliem o professor a alcançar os objetivos que foram desejados.

Figura 1: Ciclo de modelagem para resolução do problema



Fonte: Elaboração própria

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destacamos que a modelagem matemática pode ser utilizada com sucesso nas atividades de resolução de problemas em qualquer conteúdo de Física, seja na educação básica ou superior e que sua aplicação acarreta benefícios na aprendizagem, pois tornam a atividade de resolução de problemas mais efetiva na compreensão e apropriação dos conceitos.

Considerando que a aprendizagem em si é um processo lento de construção e de transformação dos modelos mentais, próprios da estrutura cognitiva de cada sujeito, em modelos conceituais e que no âmbito da resolução de problemas esse processo demanda o domínio matemático e a compreensão conceitual, o que muitas vezes consiste em grandes dificuldades para os estudantes que para serem superadas é necessário que o professor lance mão de estratégias que possibilitem a facilitação desse processo.

Desta forma este trabalho descreve uma proposta de ensino a ser desenvolvida em atividades de resolução de problemas, direcionadas para estudantes do segundo ano do ensino médio, com vistas a promoção da compreensão dos conceitos de movimento e velocidade relativa.

Porém, ressaltamos que a utilização da modelagem matemática, ou de qualquer outra estratégia de ensino, de forma isolada não será suficiente para superar os desafios de aprendizagem que se apresentam, é preciso rigor no planejamento, elaboração e aplicação de atividades que promovam compreensão conceitual a partir de atividades de resolução de problemas.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, M. C.; FUSINATO, P.A. a utilização da modelagem matemática como encaminhamento metodológico no ensino de física. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 6, n. 2, p. 86-96, 2015.
- BREWE, E. Modeling theory applied: Modeling Instruction in introductory physics. **American Journal of Physics**, Melville, v. 76, n. 12, p. 1155-1160, Dec. 2008.
- GRECA I. M. Projeto Integrado de Pesquisa - Modelização no Ensino de Física: Estudo do processo de Formalização e de Estratégias Didáticas Facilitadoras, ULBRA, Canoas, 2002.
- GRECA, I.M.; MOREIRA, M.A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. **Investigações em Ensino de Ciências** 7(1) pp. 30-45,2002.
- GRECA, I.M.; SANTOS, F. M.T. Dificuldades da generalização das estratégias de modelagem em Ciências: O caso da Física e da Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol10 (1) pp. 31-46, 2005.
- 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. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. Especial 2, 2012, p. 965-1007.
- HESTENES, D. Toward a modeling theory of physics. **Am. J. Phys.** 55(5), pp. 440- 454. May, 1987.
- HESTENES, D., WELLS, M., e SWACKHAMER, G. Force concept inventory. **The Physics Teacher**, v. 30, p. 141-158, 1992.
- Modeling methodology for physics teachers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNDERGRADUATE PHYSICS EDUCATION, 1996, College Park. **Proceedings...** College Park, 1996, p. 935-958.
- Notes for a modeling theory of science, cognition and instruction. In: **Proceedings Girep Conference**. Amsterdam: University of Amsterdam, 2006, p. 34- 65.
- JACKSON, J.; DUKERICH, L.; HESTENES, D. Modeling instruction: an effective model for science education. **Science Education**, v. 17, n. 01, 2008, p. 10-17.
- JOHNSON-LAIRD, P. **Mental Models**. Cambridge, MA: Harvard University Press. 513p, 1983
- MOREIRA, M.A.; GRECA, I.M. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoria del aprendizaje significativo. **Ciência e Educação**, v9 (2),

pp. 301- 315, 2003.

PINHEIRO T. F., PINHO-ALVES, J. e PIETROCOLA, M., Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In: PIETROCOLA, M. (org.) **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

SOLAZ-PORTOLÉS, J. J.; SANJOSÉ LÓPEZ, V. Resolución de problemas, modelos mentales e instrucción. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v.6, n.1, p.70-89, 2007

SOUZA, E. S. R. DE; SANTO, A. O. DO. E. A Teoria da Modelagem de David Hestenes no Ensino de Ciências e Matemática Modeling Theory of David Hestenes in the Science and Mathematics Teaching. Amazônia: **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**. v. 8, n. 3, 2017, p. 21-40

SOUZA, E. S. R. DE. A Teoria da Modelagem de David Hestenes: Considerações no Ensino de Física Modeling Theory of David Hestenes: Considerations in. X Enpec, p. 1–8, 2015.

SOUZA, E. S. R. DE; 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**, v. 12, n. 24, p. 99, 2016.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela sua divina misericórdia e por tudo de tão maravilhoso quanto nos tem dado.

À minha família, ao meu pai João Pereira da Silva, a minha mãe Ana Izabel Jardelino Silva Pereira, aos meus irmãos, Adiles Emanuely e João Emanuel, por todo o apoio que sempre me deram e por serem grandes incentivadores nos estudos durante a minha vida, aos meus tios, José Afonso e Eliane Araújo, pelo companheirismo, apoio e admiração.

A Professora Ana Raquel Pereira de Ataíde, minha orientadora, pela sua sabedoria, paciência, pelo modo respeitoso e dedicado de orientar.

A Chrystiane Vasconcelos e a Roclecio Santos, pelo incentivo, ensinamento, companheirismo, sempre me ajudando e dando força, por nunca me deixar desistir, pelo apoio em todos os momentos da minha formação acadêmica e da vida.

A todos meus amigos da Graduação, em especial a Thalita Alves, pelos momentos de troca, pela grande ajuda em momentos difíceis, por todos os momentos que pudemos compartilhar risos e tanto companheirismo.

A meus amigos Alberlânia Gomes, Joilson Zacarias, Marcaria Araújo, Mave Rick, Erinaldo, pelo carinho, força, apoio e toda ajuda que puderam dispor.

Aos professores do curso de Licenciatura em Física da UEPB, destacando o professor José Antônio Ferreira Pinto, por todo incentivo e ensinamentos durante todo curso.