

MNPEF
Mestrado Nacional
profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA - SBF



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL

EM ENSINO DE FÍSICA

PÓLO 38 UFRR – CAMPUS UFRR / PARICARANA

LUIZ OTAVIO RIBEIRO RODRIGUES

**O USO DA REALIDADE VIRTUAL COMO AUXÍLIO À RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS DE MOVIMENTOS OSCILATÓRIOS**

Boa Vista – RR

2019

LUIZ OTAVIO RIBEIRO RODRIGUES

**O USO DA REALIDADE VIRTUAL COMO AUXÍLIO À RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS DE MOVIMENTOS OSCILATÓRIOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação do
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física,
para obtenção de grau Mestre em Ensino de Física pela
Universidade Federal de Roraima. Área de Física.

Orientação: Prof. Dr. Luciano Ferreira Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Pacobahyba

Boa Vista - RR

2019

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

R696u Rodrigues, Luiz Otavio Ribeiro

O uso da realidade virtual como auxílio à resolução de problemas de movimentos oscilatórios / Luiz Otavio Ribeiro Rodrigues. – Boa Vista, 2019

86 f. : il.

Orientador Prof. Dr. Luciano Ferreira Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Henrique Pacobahyba.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Roraima,
Programa de Pós Graduação em Física

1 – Ensino de física. 2 – Física 3 – Instrumentação para o ensino de Física. I – Título. II – Silva, Luciano Ferreira (orientador)
III – Pacobahyba Luiz Henrique (coorientador).

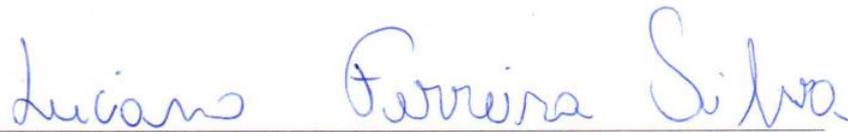
CDU – 372: 53

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária /Documentalista:
Maria de Fátima Andrade Costa – CRB 11 /453 – AM

LUIZ OTAVIO RIBEIRO RODRIGUES

**O USO DA REALIDADE VIRTUAL COMO AUXÍLIO À RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS DE MOVIMENTOS OSCILATÓRIOS**

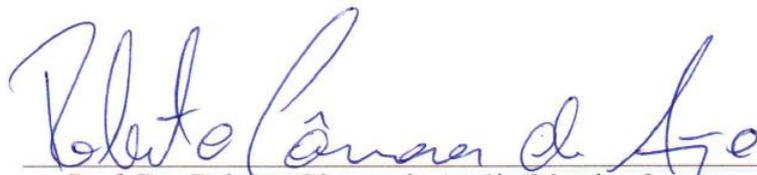
Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação do
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física,
para obtenção de grau Mestre em Ensino de Física pela
Universidade Federal de Roraima. Área de Física.
Defendida em 15 de agosto de 2019 e avaliada pela
seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. Luciano Ferreira Silva (Orientador - UFRR)



Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes (Membro Externo - UFJF)



Prof. Dr. Roberto Câmara de Araújo (Membro Interno - UFRR)

Boa Vista - RR

2019

À minha família, pelo apoio e incentivo dedicados em todo os momentos de minha vida, em especial à minha esposa que todos os dias caminha ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

A realização desse trabalho, somente foi concretizada, pela garantia da alocação de recursos públicos para as políticas de Ensino, Pesquisa e Extensão que as Universidades Públicas recebem por Direito Constitucional. Dessa forma, agradeço à Universidade federal de Roraima (UFRR), ao Centro de Ciências da Natureza – Ensino de Física (UFRR), ao meu orientador Prof. Dr. Luciano Ferreira Silva, ao meu Co-orientador Prof. Dr. Luiz Henrique Pacobahya. à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pelo apoio para que o presente trabalho fosse realizado.

RESUMO

O objetivo deste projeto surgiu em decorrência da dificuldade enfrentada, pelos docentes, em sala de aula para mostrar de maneira mais real possível os fenômenos físicos. De posse desse propósito, decidiu-se propor e validar uma simulação em realidade virtual (RV) de movimentos oscilatórios visando auxiliar a resolução de problemas no ensino médio. O primeiro passo dessa pesquisa foi estudar sobre teorias pedagógicas relacionadas a resoluções de problemas que fomentassem de maneira sólida o projeto e em seguida, pesquisar sobre ferramentas de desenvolvimento de ambientes em RV acessível e de fácil manipulação. Com o embasamento teórico consolidado e o software definido, selecionamos o ramo e a ramificação do fenômeno físico no qual desenvolvemos a simulação virtual, a qual visa ser utilizada nas aulas de física do ensino médio. O produto final foi avaliado e apresenta indícios de ser uma ferramenta que auxilia professores e alunos no que tange a visualização e entendimento de um fenômeno físico, tendo estes ainda a oportunidade de interagir com o fenômeno.

PALAVRAS-CHAVES: Ensino de Física; Física; Instrumentação para o ensino de Física.

ABSTRACT

The objective of this project arose as a result of the difficulty faced by teachers in the classroom to show the physical phenomena as real as possible. With this purpose, it was decided to propose and validate a simulation in Virtual Reality (VR) of oscillatory movements to help solve problems in high school. The first step of this research was to study problem-solving pedagogical theories that solidly fostered the project and then research accessible and easily manipulated VR environment development tools. With the theoretical foundation consolidated and the software defined, we selected the branch and branch of the physical phenomenon in which we developed the virtual simulation, which aims to be used in high school physics classes. The final product was evaluated and shows signs of being a tool that assists teachers and students regarding the visualization and understanding of a physical phenomenon, and they have the opportunity to interact with the phenomenon.

KEYWORDS: Physics Teaching; Physics; Instrumentation for the teaching of physics.

Sumário

1	CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	15
1.1	MOTIVAÇÃO.....	15
1.2	OBJETIVOS.....	18
1.2.1	Objetivo Geral.....	18
1.2.2	Objetivos Específicos.....	18
1.3	ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO.....	18
2	CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	19
2.1	A TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO.....	19
2.2	A REALIDADE VIRTUAL.....	21
2.3	RESOLUÇÕES DE PROBLEMAS SEGUNDO POZO E POLYA.....	25
2.4	MOVIMENTOS OSCILATÓRIOS.....	27
2.4.1	Pêndulo Simples.....	28
2.4.2	A resistência do ar.....	35
2.5	O PYTHON E AS SIMULAÇÕES NAS AULAS DE FÍSICA.....	39
3	CAPÍTULO 3 – TRABALHOS CORRELATOS.....	41
3.1	LABORATÓRIO VIRTUAL COOPERATIVO DE FÍSICA – LVCF.....	41
3.2	SISTEMA SOLAR VIRTUAL.....	42
3.3	PHET (UNIVERSIDADE DO COLORADO BOULDER).....	43
4	CAPÍTULO 4 – O PROTÓTIPO.....	46
4.1	TECNOLOGIAS UTILIZADAS.....	46
4.2	A INTERFACE DO PROTÓTIPO.....	47
4.2.1	Janela do Pêndulo.....	49
4.2.2	Janela dos Gráficos.....	50
4.2.3	Botões e Controles deslizantes.....	50
4.3	IMPLEMENTAÇÕES REALIZADAS.....	51
5	CAPÍTULO 5 – AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	56
5.1	PREÂMBULO DA AVALIAÇÃO.....	56
5.2	DESCRIÇÃO DAS AULAS.....	58
5.2.1	Do questionamento prévio.....	59
5.2.2	Das etapas da proposta.....	59
5.2.3	Das atividades (pré-teste e pós-teste).....	60
5.3	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO.....	63
5.3.1	Critérios utilizados nos testes.....	65
5.3.2	Resultados do pré-teste das turmas 201 e 202.....	66
5.3.3	Resultados do pós-teste das turmas 201 e 202.....	69
5.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	71
6	CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	76
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
8	ANEXOS.....	82

1 CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

Os debates sobre o Ensino de Ciências no Brasil têm sido recorrentes nos últimos anos, em busca de propostas construtivas para que venham proporcionar ao professor uma didática diferenciada e produtiva, uma vez que as pesquisas ainda apontam para uma realidade do Ensino de Ciências longe do que esperamos ser o ideal. Tal fato pode ser observado por meio do Programa Internacional de Avaliação de Aluno (PISA – sigla de *Program for International Student Assessment*), que realiza pesquisas trienais para verificação de conhecimentos e competências em Leitura, Matemática e Ciências.

De acordo com o PISA, em 2000 o Brasil foi um dos piores países em desempenho em Ciências, dos 43 países avaliados, o Brasil, foi o 42º colocado, ficando na frente apenas do Peru. Na pesquisa realizada em 2003, dos 41 países avaliados o Brasil foi em 40º colocado, superando apenas a Tunísia. Em 2006 dos 57 países avaliados o Brasil ficou na 52ª colocação à frente somente de Colômbia, Tunísia, Azerbaijão, Catar e Quirguistão. Na pesquisa de 2015, dos 70 países avaliados o Brasil ficou na 63ª posição, atrás de países Indonésia, México e Colômbia, (MORENO, 2016).

Segundo Piassi (1995) o ensino de Ciências continua sendo uma caricatura muito pobre daquilo que o conhecimento científico requer na formação dos estudantes, no qual o currículo da disciplina de Física é baseado em fórmulas e definições desvinculadas das necessidades da formação dos estudantes e de conhecimentos científicos relevantes.

Por exemplo, ao tratamos do ensino dos movimentos oscilatórios do pêndulo, o qual provém de um sistema que é perturbado a partir de uma posição de equilíbrio estável, verificamos a existência de uma grande dificuldade por parte do estudante, tanto para descrever quanto para perceber de maneira qualitativa ou quantitativa o comportamento das grandezas físicas envolvidas nesse fenômeno. Na maioria das vezes o pêndulo é visto como um sistema composto por um fio acoplado a uma massa utilizado para obtenção de algumas medidas e constatação de resultados já previstos pela matemática. Essa dificuldade pode causar inúmeros prejuízos ao estudante, uma vez que o movimento oscilatório tem uma relevante importância no ensino da mecânica, em que se encontra uma grande parte dos fenômenos da natureza e inúmeras aplicações das ciências exatas e tecnologias.

Quando o estudante precisa aprender um fenômeno físico por meio da atividade de solucionar problemas, o ensino torna-se mais complexo, pois o discente deve adotar uma postura que lhe permita criar um caminho ou um processo que lhe ajude, inicialmente, ao interpretar o problema. Se essa interpretação do problema não acontece de forma correta já ocorre um desinteresse do aluno pela atividade. Segundo Polya (2006) a postura adequada para resolver problemas pode ser estimulada a partir da sua proposta de heurísticas, com a utilização correta de uma lista de indagações e sugestões para que o aluno possa repeti-la com frequência em várias condições, tornando-se mais fácil a possibilidade de assimilação.

Outra aliada no processo de ensino e aprendizagem são as Tecnologias da Informação e Comunicação – TIC's, por exemplo, na Física o uso de modelagens computacionais nas aulas pode ocorrer por meio de modelos com conceitos e variáveis físicas, que podem ser manipuladas para uma melhor compreensão de um determinado fenômeno, postulado ou teoria física. As simulações podem proporcionar aos estudantes um melhor entendimento dos processos físicos, uma vez que estabelece uma relação entre esses processos e o conteúdo ministrado pelo professor.

Para Santos (2006) as dificuldades que os estudantes encontram na aprendizagem dos conceitos da Física são conhecidas e os métodos tradicionais de ensino e a ausência de meios pedagógicos atuais e de ferramentas inovadoras que os auxiliem constituem algumas as causas desse problema.

O ensino por intermédio de tecnologias foi muito questionado no passado em virtude de que as escolas introduziam no currículo o ensino da informática com o pretexto de modernizar, mas sem um objetivo proposto, o que causava dúvidas em relação a professores e estudantes. Com o decorrer do tempo verificou-se o potencial de ferramentas tecnológicas virtuais, que muito além de promover o contato com o computador poderia ser usada como instrumento de apoio às matérias e conteúdos lecionando.

Dentre as várias tecnologias existentes que podem ser utilizadas como auxílio no processo de ensino e aprendizagem, a Realidade Virtual (RV) destaca-se. Que pode ser definida como a forma mais avançada de interface do usuário com o computador até agora disponível (HANCOCK, 1995).

Trata-se de uma interface que simula um ambiente real e permite aos participantes interagirem com o mesmo (LATTA et al, 1994), permitindo às pessoas visualizarem, manipularem e interagirem com representações extremamente complexas (AUKSTAKALNIS

et al, 1992). Ela é um paradigma pelo qual se usa um computador para interagir com algo que não é real, mas que pode ser considerado real enquanto está sendo usado (HAND, 1994).

Outra definição é o uso de computadores e interfaces com o usuário para criar o efeito de mundos tridimensionais que incluem objetos interativos com uma forte sensação de presença tridimensional (BRYSON, 1996). Além disso, a RV engloba um conjunto de técnicas e ferramentas gráficas 3D que permite aos usuários interagir com um ambiente gerado por computador, em tempo real, com uma pequena ou nenhuma consciência de que está usando uma interface humano-computador (LESTON, 1996).

A interface em RV envolve um controle tridimensional altamente interativo de processos computacionais. O usuário ao entrar no espaço virtual das aplicações visualiza, manipula e explora os dados da aplicação em tempo real, usando seus sentidos, particularmente os movimentos naturais tridimensionais do corpo. A grande vantagem é que o conhecimento intuitivo do usuário sobre o mundo físico pode ser transportado para o mundo virtual. Para suportar esse tipo de interação o usuário pode utilizar dispositivos não convencionais, como capacetes de visualização e controle, e luvas de dados, chamadas *datagloves*. O uso desses dispositivos possibilita ao usuário ter a impressão de que a aplicação está funcionando no ambiente tridimensional real, permitindo a exploração do ambiente e a manipulação natural dos objetos com o uso das mãos (KIRNER, 1996).

Além das inúmeras vantagens citadas anteriormente e segundo o sítio [multitec7.wordpress](http://multitec7.wordpress.com) (MULTITEC, 2010) a RV também:

- Facilita operações remotas e controle de equipamentos à distância, através da simulação;
- Permite a exploração de objetos e mundo tridimensionais;
- Possibilita a simulação de algo real, de forma a poder “treinar” e optar pela melhor solução;
- Simula planos de produção e avalia processos para verificar a sua correção;
- Auxilia a formação dos usuários em técnicas avançadas.

De acordo com as informações acima pode-se observar que o ensino da Física ainda carece de metodologias e ferramentas que lhe deem suporte. Nesse contexto, este trabalho alicerçasse em uma heurística que descreve passos coerentes para a resolução de problemas com o apoio de simulações em RV.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Propor e validar uma simulação em RV de movimentos oscilatórios visando auxiliar a resolução de problemas no ensino médio.

1.2.2 Objetivos Específicos

- I. Pesquisar sobre RV e suas aplicações na educação;
- II. Estudar sobre teorias pedagógicas relacionadas a resoluções de problemas;
- III. Pesquisar sobre ferramentas de desenvolvimento de ambientes em RV;
- IV. Propor um protótipo em RV para a simulação de movimentos ondulatórios;
- V. Pesquisar sobre metodologias de avaliação e validar o protótipo proposto;
- VI. Analisar os dados e realizar conclusões.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Este trabalho está disposto em seis capítulos, incluindo a introdução, na qual consta a motivação que levou a realização dessa dissertação e seus respectivos objetivos. Os demais capítulos estão organizados da seguinte forma:

- No segundo capítulo foi abordada a influência da tecnologia na educação e como a RV pode auxiliar nas aulas de Física. Apresenta-se ainda a metodologia pedagógica de resoluções de problemas de Polya;
- O capítulo três traz alguns trabalhos correlacionados, onde a RV é usada como suporte ao processo de ensino e aprendizagem;
- O capítulo quatro apresenta o protótipo proposto, onde trataremos das tecnologias utilizadas e as implementações realizadas;
- A avaliação do protótipo será tratada no capítulo cinco;
- O capítulo seis aborda as conclusões e os trabalhos futuros.

2 CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Neste capítulo discutiremos sobre a tecnologia na educação, apresentando o seu potencial como ferramenta educacional e a utilização de seus recursos midiáticos nos processos educativos, dando uma ênfase mais aprofundada sobre a RV e suas vantagens. Segundo Almeida (ALMEIDA et al, 2006), as técnicas de RV possuem aplicações nos mais diferentes segmentos, tais como: processos industriais; psicologia; treinamentos; educação; desenvolvimento de projetos; entre outros. Abordaremos as vantagens de usarmos as etapas da resolução de problemas, segundo Polya, como auxílio às aulas de Física. Discutiremos os conceitos dos Movimentos Harmônicos Simples (MHS), em especial os movimentos do pêndulo simples.

2.1 A TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO

Para Orofino (OROFINO, 2005) a relação entre mídia e educação pode acontecer de várias formas, ora buscando a complementaridade ou ora a ruptura. Ou seja, instâncias educativas, mídias e educação podem ser aliadas ou viver em constante conflito, mas podem conviver e coexistir desenvolvendo práticas comuns ou discordantes. Diante dessa perspectiva, podemos afirmar que não se pode mais conviver com discussões simplistas que atribuem uma importância irreal às mídias sem a devida compreensão da complexidade das relações que elas mantêm com outras instâncias e situações da vida dos sujeitos.

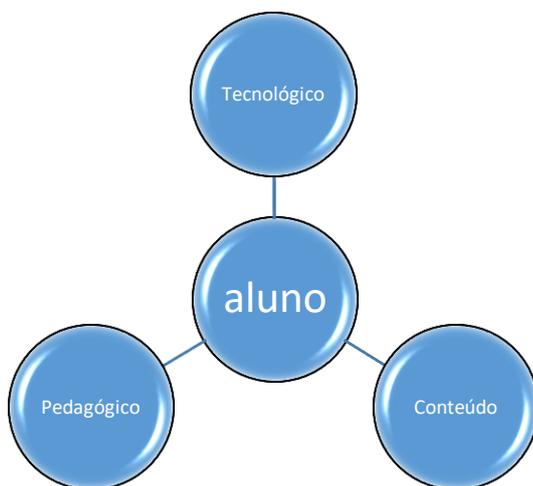
A educação na contemporaneidade tem por desafios responder aos anseios de uma sociedade que está em constante transformação, necessitando de propostas pedagógicas que insiram o indivíduo nos atuais contextos desafiadores das tecnologias de um mundo dinâmico. Pozo (POZO, 2008) afirma que para o uso adequado da tecnologia na educação é necessária a capacitação dos profissionais da educação, para que eles possam instruir os alunos sobre como usar ferramentas para aprendizagem significativa. Para ele o professor deve orientar os alunos sobre o hábito de investigação constante e assim eles adquirirão a capacidade de saber onde consultar uma solução adequada para uma problemática que se faça presente.

As Tecnologias da Informação e Comunicação – TIC's – apresentam grande potencial como ferramentas educacionais. Através da combinação da característica iconográfica, do uso de imagens e das linguagens dinâmicas tem-se a possibilidade de produzir atrativos para uma educação voltada para a tecnologia, especialmente quando se considera a transposição de

fenômenos do meio natural para o meio digital. O uso de analogias digitais, como por exemplo, as simulações, permite que o indivíduo faça previsões e, simultaneamente, observe os efeitos das alterações das variáveis, contribuindo dessa forma para a construção e assimilação do conhecimento.

O uso da tecnologia por si só não é capaz de transformar o ensino de Física, porém se usada de modo contextualizado em consonância com uma teoria e uma metodologia pedagógica focada na aprendizagem do aluno, poder ser uma ferramenta de grande valia para que o aluno associe os conteúdos de Física aos fenômenos do seu cotidiano, como mostra a figura 2.1.

Figura 2.1 – Relação entre tecnologia, teoria pedagógica e conteúdo.



Fonte: Do autor.

Existem várias formas de uso das TIC's nas aulas de Física, como por exemplo: a simulação de movimentos, força, trabalho, energia, leis gerais da mecânica, etc. São situações de alto valor didático que podem ser integradas, entre outras estratégias, com aulas práticas em laboratório.

Se por um lado as TIC's encorajam a aprendizagem colaborativa devido a sua estrutura não hierarquizada, por outro, a diversidade de modos de comunicação e as dificuldades para planejar o ensino podem inibir a utilização das mesmas nas práticas da sala de aula, especialmente se os professores não recebem formação específica. O grande desafio para o professor reside no fato de que a presença das TIC's na escola altera a organização do ensino, amplia as fronteiras da sala de aula e ao transpor os limites para o mundo virtual produz inquietação para os que não nasceram na era digital.

As TIC's trazem desafios e discussões para os professores em suas atividades acadêmicas. Segundo Santos e Silva (SANTOS et al, 2008), “a interação da tecnologia às práticas educacionais integra a busca dos profissionais de educação em superar as dificuldades no que concerne a sua prática, principalmente no que tange à sala de aula”. Um desses desafios diz respeito à forma como é realizado o seu uso.

Conforme Valente (2005), “a implantação da informática na educação consiste basicamente de quatro ingredientes: o computador, o software educativo, o professor capacitado a usar o computador como ferramenta educacional, e o aluno”. Assim, estudos e pesquisas na área da educação afirmam que a tecnologia pode contribuir no processo de ensino e aprendizagem.

Ainda de acordo com Valente (2005) é possível afirmar que além do computador configurado para fins educacionais, há também a necessidade de se ter profissionais capacitados e ferramentas adequadas para o trabalho do docente. Nesse sentido, a reflexão do professor sobre sua prática é imprescindível, visto que o processo de ensino e aprendizagem depende diretamente da sua autoavaliação, acerca de suas ações, decisões e escolhas. Nessa perspectiva, a função das TIC's no processo de ensino e aprendizagem tem sido estudada por especialistas, em várias universidades de todo o mundo.

O papel das tecnologias nas disciplinas de ciências tem sido largamente justificado. Osborne e Hennessy (OSBORNE et al, 2003) discutem, em uma revisão da literatura, várias razões para o uso da tecnologia no ensino e aprendizagem das ciências, verificando as possibilidades de agilizar e impulsionar a produção de trabalho; estimular a investigação e a experimentação; promover a autorregulação, a aprendizagem colaborativa, a motivação e o envolvimento.

Vários estudos, realizados em diferentes países, têm revelado que professores de Ciências, Matemática e Informática são os que mais utilizam as tecnologias em suas aulas, havendo casos de quem as utilize em mais de 50% das aulas (BALANSKAT et al, 2006).

Essas são algumas das razões do por que esta proposta centrou suas pesquisas no uso das TIC's por professores de Física e na forma como estes podem utilizá-las em sala de aula.

2.2 A REALIDADE VIRTUAL

O termo RV recebeu no decorrer dos últimos anos inúmeras definições por diferentes estudiosos do assunto, entretanto, todas as definições convergem para um único

entendimento, de que a RV é uma experiência imersiva e interativa baseada em imagens gráficas 3D geradas em tempo real por computação gráfica, ou seja, é uma simulação interativa gerada por computador, de um mundo real ou apenas imaginário.

O termo “Realidade Virtual” surgiu no início do ano de 1980, apresentado por um cientista da computação, Jaron Lanier, precursor da RV, sendo um dos maiores conhecedores da área e um dos primeiros a estudar o tema e construir produtos.

Para Lévy (1996), o virtual existe como uma potência, não sendo assim, um conceito oposto ao real. Cita ainda que a atualização e a virtualização são conceitos totalmente diferentes, em que a atualização seria a solução de um determinado problema enquanto que a virtualização é definida como “uma criação, invenção de uma forma a partir de uma configuração dinâmica de forças e de finalidades”.

Já para Pimentel (1995), o termo “Realidade Virtual” vem a ser definido como uma experiência imersiva e interativa com o uso de computador para convencer o usuário de que ele está em outra realidade, promovendo completamente a estimulação sensorial do usuário. Em seu artigo “Realidade Virtual e Educação”, Braga (2001, apud Latta, 1994), conceitua a RV como uma interação entre o usuário e a simulação virtual de um ambiente realístico em tempo real. Mostrando assim que a RV pode ser considerada, inclusive, como uma tecnologia altamente avançada por levar o usuário a ter sensações de real ao manipular uma simulação virtual.

Podemos assim afirmar que os conceitos relativos à RV culminam em: uma técnica avançada de interface, na qual o usuário realiza imersão (estar dentro do ambiente), navegação e interação em um ambiente tridimensional gerado pelo computador por intermédio de vias multissensoriais.

Os atuais avanços da tecnologia na área de comunicação e informação ampliou bastante a utilização da RV, possibilitando que outras áreas do conhecimento também se beneficiassem de sua utilização, como por exemplo, (BRAGA, 2001):

- Entretenimento: games e viagens virtuais;
- Saúde: cirurgias virtuais, tratamento de pacientes em UTI, reabilitação;
- Negócios: maquetes virtuais, edificações, interiores;
- Treinamento: simuladores de voo, motocicletas, teste de qualidade de veículos, etc.;

- **Educação:** esta aplicação ainda é foco de muitos estudos e será a qual daremos ênfase, buscando propor uma interface para o ensino dos movimentos oscilatórios na área da Física.

A RV ultrapassa e/ou ameniza as barreiras existente entre a simulação e o usuário que normalmente é provocada pelos softwares operacionais do computador, facilitando assim a interação entre o homem e a máquina em um cenário constituído por modelos tridimensionais armazenados e geridos por computador, usando técnicas de computação gráfica.

Os seus componentes visam permitir que o usuário faça parte de um mundo virtual gerado no computador, utilizando-se de suas vias sensoriais de percepção e controle. Nesse contexto é importante destacar três elementos dos sistemas em RV, são eles:

- **Imersão:** É a percepção e/ou sensação de se estar fisicamente presente em um mundo irreal, ou seja, não físico. Normalmente, essa sensação é construída ao disponibilizar para o usuário um sistema composto por imagens, sons e inúmeros outros estímulos que agindo em conjunto proporcionam ao usuário a visualização de um ambiente completamente envolvente.
- **Interação:** Trata-se das alterações feitas pelo usuário ao sistema composto criado em RV o qual simula um mundo físico obtendo assim respostas em tempo real. Esta ideia está relacionada com a capacidade do sistema em detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual e as ações sobre ele.
- **Envolvimento:** É o comprometimento do usuário com o sistema de estímulos de determinada atividade, e que esta interação e/ou relacionamento proporcione motivação para o engajamento ao sistema virtual.

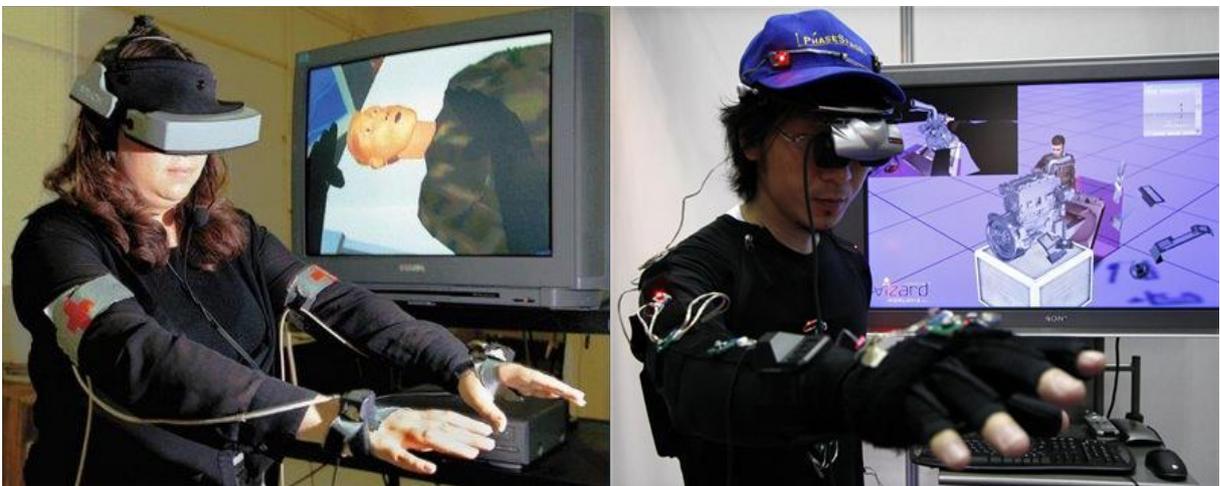
Segundo Ribeiro et al (2011), para que esses elementos possam ser implementados é necessária a utilização de alguns dispositivos de interface. Estes dispositivos são capazes de tornar o ambiente participativo, seguindo os movimentos executados pelo usuário. Como exemplos podemos citar: mouses, joysticks 3D, luvas, monitores, óculos, capacetes, cave, projetores, ente outros.

A RV pode ser classificada, em função do senso de presença do usuário, em imersiva ou não-imersiva. A RV é imersiva, quando o usuário é transportado predominantemente para o domínio da aplicação, por meio de dispositivos multissensoriais, que capturam seus

movimentos e comportamentos e regem a eles (capacetes, caverna e seus dispositivos, por exemplo), provocando uma sensação de presença dentro do mundo virtual. A RV é categorizada como não-imersiva, quando o usuário é transportado parcialmente ao mundo virtual, através de uma janela (monitor ou projeção, por exemplo), mas continua a sentir-se predominantemente no mundo real (TORI et al, 2006).

Nas figuras 2.2 e 2.3 podem ser vistos exemplos desses dois tipos básicos de RV. Com a evolução tecnológica, novos dispositivos surgem, mas esta categoria básica permanece.

Figura 2.2 – Realidade Virtual imersiva.



Fonte: <http://jonnypxo.blogspot.com.br/2012/01/aula-n2.html>.

Figura 2.3 – Realidade Virtual não-imersiva.



Fonte: <http://jonnypxo.blogspot.com.br/2012/01/aula-n2.html>.

Segundo Braga (2001), em artigo sobre RV e educação, uma vez envolvido e imerso no ambiente virtual, o usuário poderá desenvolver um comportamento natural e intuitivo, buscando agir como agiria no mundo real e através da interação receber respostas coerentes para as suas ações. O ambiente virtual, através de sua filosofia básica de imersão, interação e envolvimento, torna-se um local ideal para se buscar vivências múltiplas, uma vez que a RV possibilita o trabalho multidisciplinar, desenvolvido por especialistas de diferentes áreas em busca de um objetivo comum. Esses ambientes multidisciplinares permitem aos usuários uma aprendizagem mais ampla e integrada exatamente por serem ambientes ricos de possibilidades. Ainda segundo a autora, podemos assim citar diversos exemplos que ressaltam as vantagens da RV na Educação, dentre os quais destacamos:

- Maior motivação dos estudantes (usuários);
- O poder de ilustração da RV para alguns processos e objetos é muito maior do que outras mídias;
- Permite uma análise de muito perto ou de muito longe;
- Permite que as pessoas deficientes realizem tarefas que de outra forma não são possíveis;
- Dá oportunidades para experiências variadas, até mesmo imaginárias;
- Permite que o aprendiz desenvolva trabalhos no seu próprio ritmo, não restringindo o progresso de experiências ao período da aula regular;
- Permite que haja interação, e desta forma estimula a participação ativa do estudante.

2.3 RESOLUÇÕES DE PROBLEMAS SEGUNDO POZO E POLYA

Pozo et al (1998) define a atividade de resolução de problemas como sendo subjetiva, exigindo motivação e uma postura de investigação e de reflexão constantes. Caso não haja disposição, o problema se transformará em um simples exercício, executado mecanicamente e destituído de significado.

Para tanto, é fundamental planejar situações suficientemente abertas para induzir nos alunos uma busca e apropriação de estratégias adequadas, não somente para darem resposta às perguntas escolares como também às da realidade cotidiana. Sem procedimentos eficazes — sejam habilidades ou estratégias — o aluno não poderá resolver problemas (POZO et al., 1998).

Segundo Polya (2006), outra questão que não pode ser desconsiderada pelo professor é o momento da explicação de como se resolve um problema. É preciso deixar claro aos alunos que essa não é uma tarefa fácil, pois podemos encarar um problema de diferentes maneiras. Muitas vezes, o nosso entendimento do problema, quando lemos pela primeira vez é parcial, só vai se completando na medida em que lemos mais atentamente e, dessa forma, nos organizamos em busca da solução. Para resolver um problema não podemos seguir regras, ou simplesmente fazer o uso de algum algoritmo, pois os problemas quando bem formulados exigem muito mais que uma forma mecânica para resolver. Os problemas variam muito, mas de uma maneira geral, existem etapas que podem ajudar na resolução, Polya apresenta quatro etapas principais para resolução de problemas, como vemos na figura 2.4.

Figura 2.4 – As etapas da resolução de problemas segundo Polya.



Fonte: Do autor

Dessa maneira as quatro etapas de Polya podem ser descritas como:

- **Compreender o problema:** quem vai resolver um problema, primeiramente precisa entender o que se pede, através de uma leitura atenta, ou até mais de uma, interpretando corretamente, para saber o que se pretende calcular. São partes importantes de um problema: a incógnita; os dados fornecidos pelo problema e a condição que deve ser satisfeita relacionando esses dados conforme as condições estabelecidas no enunciado.
- **Elaboração de um plano:** depois de interpretar o problema é preciso escolher uma estratégia de ação, que pode variar muito dependendo da natureza do problema. Pode-se

iniciar com o esboço de uma figura geométrica, com um gráfico, uma tabela ou um diagrama; fazer uso de uma fórmula; tentativa e erro sistemático, entre outras.

- **Executar o plano:** se o plano foi bem elaborado, não fica tão difícil resolver o problema, seguindo passo a passo o que foi planejado, efetuando todos os cálculos, executando todas as estratégias, podendo haver maneiras diferentes de resolver o mesmo problema. O importante é que o professor acompanhe todos os passos, questionando o aluno, podendo dar alguma ajuda, mas que o aluno se sinta o idealizador e realizador do plano.
- **Retrospecto ou verificação:** depois de encontrar a solução é hora de verificar se as condições do problema foram satisfeitas, se o resultado encontrado faz sentido. Pode-se questionar também sobre outras maneiras de resolver o mesmo problema, como também à resolução de outros problemas correlatos, usando a mesma estratégia.

2.4 MOVIMENTOS OSCILATÓRIOS

Em Mecânica, um pêndulo simples é um instrumento ou uma montagem que consiste num objeto que oscila em torno de um ponto fixo. O braço executa movimentos alternados em torno da posição central, chamada *posição de equilíbrio*. O pêndulo é muito utilizado em estudos da força peso e do movimento oscilatório.

Segundo Halliday et al (2012), qualquer corpo rígido montado de forma que possa oscilar em um plano vertical em relação a algum eixo que passa por ele é chamado de pêndulo físico, onde esta é a generalização do pêndulo simples, em que um cabo sem peso sustenta uma única partícula.

A descoberta da periodicidade do movimento pendular foi feita por Galileu Galilei, quando comparou a oscilação de um pêndulo com o seu próprio batimento cardíaco. O movimento de um pêndulo simples envolve basicamente uma grandeza chamada período (T): que é o intervalo de tempo que o objeto leva para percorrer toda a trajetória (ou seja, retornar a sua posição original de lançamento, uma vez que o movimento pendular é periódico). Derivada dessa grandeza existe a frequência (f), numericamente igual ao inverso do período ($f = 1 / T$), e que, portanto se caracteriza pelo número de vezes (ciclos) que o objeto percorre a trajetória pendular num intervalo de tempo específico. A unidade da frequência no Sistema Internacional de Unidades é o hertz, equivalente a um ciclo por segundo (1/s).

Para que seja calculada a equação do movimento denota-se o ângulo formado entre a vertical e o braço de pêndulo. Fazem-se as seguintes hipóteses:

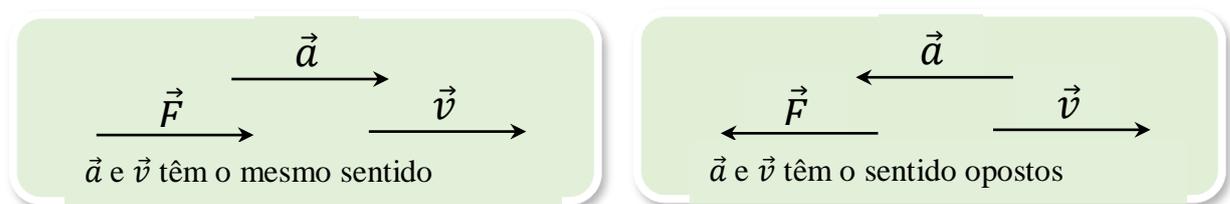
1. O braço é formado por um fio não flexível que se mantém sempre com o mesmo formato e comprimento.
2. Toda a massa, m , do pêndulo está concentrada na ponta do braço a uma distância constante L do eixo.
3. Não existem outras forças a atuar no sistema senão a gravidade e a força que mantém o eixo do pêndulo fixo. (O movimento é, portanto conservativo).
4. O pêndulo realiza um movimento bidimensional no plano x e y .

A segunda lei de Newton dizque:

“A resultante das forças sobre um corpo produz uma aceleração de tal forma que $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$, onde \vec{F} é a força aplicada, m é a massa do corpo e \vec{a} , a aceleração” (SOUZA, 2017).

A força e a aceleração têm a mesma direção e o mesmo sentido, conforme mostrado na figura 2.5.

Figura 2.5 – Sentido, em módulo, da *aceleração, força e velocidade*.

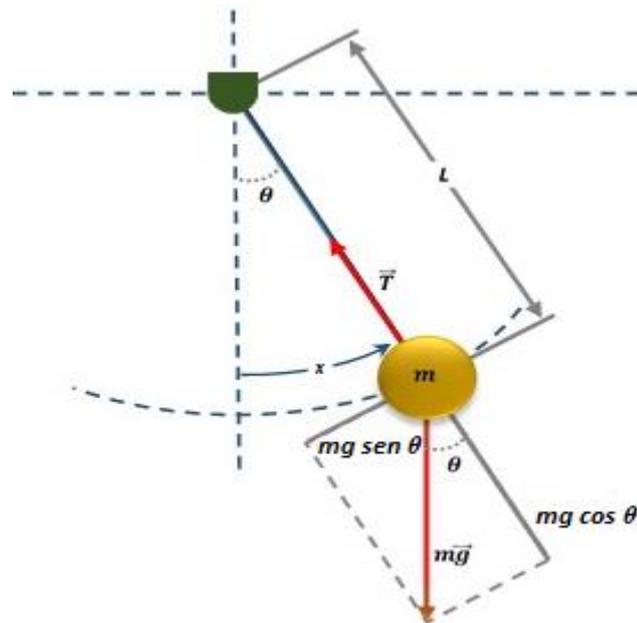


Fonte: Do autor

2.4.1 Pêndulo Simples

Em uma primeira aproximação (desprezando o efeito da resistência do ar e atrito), supõe-se que o corpo realiza pequenos deslocamentos angulares sobre uma circunferência de raio L em torno da posição de equilíbrio (posição vertical, com $\theta = 0$). A figura 2.6 ilustra o modelo, onde há duas forças atuando sobre o corpo, a tensão T e a força peso P .

Figura 2.6 – Pêndulo simples (decomposição das forças).



Fonte: Adaptado de Tipler (2006, vol.1)

Quando afastamos a massa da posição de repouso e a soltamos, o pêndulo realiza oscilações. Ao desconsiderarmos a resistência do ar, as únicas forças que atuam sobre o pêndulo são a tensão com o fio e o peso da massa m . A componente da força Peso que é dado por $P \cdot \cos\theta$ se anulará com a força de Tensão do fio, sendo assim, a única causa do movimento oscilatório é a $P \cdot \sin\theta$. Como mostrado anteriormente na figura 2.6.

Pela segunda Lei de Newton temos que:

$$F = m \cdot a \quad (01)$$

Ao decompor as forças radial e tangencial, temos a componente radial que se anula com a tração, dada por:

$$T = m \cdot g \cdot \cos \theta \quad (02)$$

E a componente tangencial, causa do movimento, que é dada por:

$$F_R = m \cdot g \cdot \sin\theta \quad (03)$$

No entanto, o ângulo θ , expresso em radianos que por definição é dado pelo quociente do arco descrito pelo ângulo, que no movimento oscilatório de um pêndulo, segundo a figura 2.6, é x e o raio de aplicação do mesmo, no caso, dado por L , assim:

$$\theta = \frac{x}{L} \quad (04)$$

Substituindo (04) em (03), temos:

$$F_R = m \cdot g \cdot \text{sen} \frac{x}{L} \quad (05)$$

Assim é possível concluir que o movimento pendular simples não descreve um Movimento Harmônico Simples – MHS, já que a força não é proporcional à elongação e sim ao seno dela.

É importante observar também, que esta força resultante é uma força restauradora. Entretanto, quando o estudo do movimento do pêndulo for restrito a pequenas amplitudes, onde $\theta \geq \frac{\pi}{8} \text{rad}$, pode-se recorrer a seguinte aproximação: $\text{sen } \theta \approx \theta$, uma vez que arco da trajetória s é aproximadamente horizontal.

Podemos então representar a força restauradora como:

$$F_R = -m \cdot g \cdot \frac{x}{L} \quad (06)$$

Como $P = m \cdot g$ e m , g e L são constantes neste sistema, podemos considerar que:

$$K = \frac{P}{L} = \frac{m \cdot g}{L} \quad (07)$$

Reescrevendo a força restauradora do sistema através da equação (07) em (06), temos:

$$F_R = K \cdot x \quad (08)$$

Desse modo, a análise de um pêndulo simples nos mostra que, para pequenas oscilações um pêndulo simples descreve um MHS.

Como para qualquer MHS, o período é dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \quad (09)$$

E como, a equação (07), nos mostra que $K = \frac{m \cdot g}{L}$.

Sendo assim, ao substituírmos (07) e (09) temos:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\frac{m \cdot g}{L}}} \quad (10)$$

Chegamos assim à equação do movimento do pêndulo simples para pequenas oscilações que, é dado pela por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (11)$$

Onde:

T = Período de oscilação do pêndulo.

L = Comprimento do fio.

g = Aceleração da gravidade.

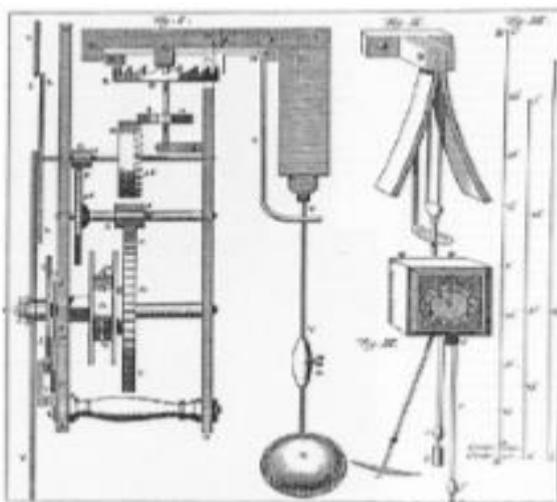
Nota-se que o período T das oscilações do pêndulo simples não depende da amplitude das oscilações (desde que elas sejam pequenas), mas apenas do comprimento do pêndulo L . Este fato foi observado por Galileu em 1602 e constitui o que ele chamou de isocronismo do pêndulo. Em cartas direcionadas a amigos, Galileu sugeriu que o isocronismo do pêndulo simples, para pequenas oscilações, poderia ser usado para a construção de instrumentos de medida de tempo.

Em 1603, um dos amigos de Galileu, o médico Santorio Santorio, passou a usar um pêndulo simples (que ele chamou de pulsilogium) para medir o pulso de seus pacientes.

A aplicação mais importante do isocronismo do pêndulo, no entanto, veio em 1656, após a morte de Galileu, com a construção do primeiro relógio de pêndulo pelo físico

holandês Christiaan Huygens. A figura 2.7 mostra o esquema do primeiro relógio de pêndulo construído por Huygens

Figura 2.7 – Relógio de pêndulo (Horologium Oscillatorium)



Fonte: Centurymaths.com

Para fazermos uma análise das funções horárias de um Movimento Harmônico Simples - MHS. Podemos partir da frequência angular que é dada por:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (12)$$

Utilizando a expressão para o cálculo da frequência angular e do período de um movimento harmônico simples (MHS), podemos assim, determinar o período de oscilação do pêndulo, onde:

Substituindo a equação (11) em (12) temos:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (13)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{2\pi\sqrt{\frac{g}{l}}} \quad (14)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (15)$$

Tanto período e frequência angular tem como solução a seguinte equação:

$$\theta = \theta_0 \cos(\omega t + \varphi) \quad (16)$$

Onde φ equivale à Constante de fase do movimento.

A elongação velocidade e aceleração são, respectivamente, dadas por:

$$x = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \quad (17)$$

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d(L\theta)}{dt} = L \cdot \frac{d\theta}{dt} \Rightarrow \omega \cdot A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \quad (18)$$

$$a = -\omega^2 \cdot A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \quad (19)$$

Substituindo a equação (17) em (19) temos:

$$a = -\omega^2 \cdot x \quad (20)$$

Onde:

x = Elongação.

A = Amplitude inicial do movimento (amplitude máxima).

ω = Frequência angular do movimento.

φ_0 = Constante de fase do movimento – condição inicial do movimento.

t = Tempo.

a = Aceleração.

Assim, observa-se que a aceleração do pêndulo simples é contrária ao movimento (sinal negativo devido à força restauradora) e seu módulo é proporcional ao deslocamento do pêndulo simples (deslocamento angular = θ). Portanto, para pequenas amplitudes o movimento oscilatório do pêndulo simples é, de fato, um movimento harmônico simples (SANTOS, 2013).

Quando um objeto descreve um movimento harmônico simples, a energia potencial do sistema e a energia cinética variam com o tempo (TIPLER, 1993).

Devido à força F_R ser conservativa (pois é uma das componentes da força peso devido à massa do pêndulo), a soma das duas energias (energia cinética K e energia potencial U) é

igual à energia mecânica total que durante o movimento harmônico simples, é constante. Sendo o movimento do pêndulo simples para pequenas oscilações um MHS, o comportamento das energias cinéticas e potencial é representado pela energia total (SANTOS 2013).

$$E = K + U \quad (20)$$

A energia cinética K é dada por:

$$K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (21)$$

Substituindo a equação (17) na equação (21), temos que:

$$K = \frac{1}{2} m \cdot L^2 \cdot \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 \quad (22)$$

Ao substituírmos na equação (22) o θ obtido na equação (16), temos:

$$K = \frac{1}{2} m \cdot L^2 \cdot \theta_0^2 \cdot \omega^2 \cdot \text{sen}^2(\omega \cdot t + \varphi) \quad (23)$$

A energia potencial pode ser determinada pelo cálculo do trabalho (W) realizado pela força resultante ($F_R = -m \cdot g \cdot \text{sen}\theta \approx -m \cdot g \cdot \theta$) em um deslocamento de 0 a θ . Nesse caso tomamos como condição inicial o ponto de equilíbrio estático ($\theta = 0$), no qual a energia potencial é nula (NUSSENZVEIG, 2002), assim:

$$U = -W_{F_R} \Rightarrow F_R \cdot dx \quad (24)$$

Onde:

dx = Deslocamento, no caso do movimento do pêndulo = $dx = L \cdot d\theta$.

$F_R = -m \cdot g \cdot \theta$ (para pequenas oscilações).

Assim:

$$U = m \cdot g \cdot L \int_0^\theta \theta d\theta \quad (25)$$

$$U = \frac{1}{2} m \cdot g \cdot L \cdot \theta^2 \quad (26)$$

Substituindo a equação (17) na equação (26), temos que:

$$U = \frac{1}{2} m \cdot g \cdot L \cdot \theta_0^2 \cdot \cos^2(\omega t + \varphi) \quad (27)$$

Substituindo as equações (23) e (27) na equação (20), temos:

$$E = \frac{1}{2} m \cdot L^2 \cdot \theta_0^2 \cdot \omega^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t + \varphi) + \frac{1}{2} m \cdot g \cdot L \cdot \theta_0^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot t + \varphi) \quad (28)$$

Substituindo a equação (15) na equação (28), obtemos:

$$E = \frac{1}{2} m \cdot g \cdot L \cdot \theta_0^2 \cdot [\sin^2(\omega \cdot t + \varphi) + \cos^2(\omega \cdot t + \varphi)] \quad (29)$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot g \cdot L \cdot \theta_0^2 \quad (30)$$

A partir da equação 30 é possível determinar o valor da energia mecânica do movimento do pêndulo simples para pequenas oscilações. É importante observar que essa equação depende dos valores de m , g , l e θ_0 , os quais são constantes para o movimento de determinado pêndulo. Ou seja, a energia mecânica do movimento do pêndulo permanece constante durante todo seu movimento.

2.4.2 A resistência do ar

O amortecimento das oscilações ocorre, principalmente, por conta dos efeitos da resistência do ar sobre as partes que constituem o pêndulo (fio e massa). A equação (31) expressa a força de arraste mencionada.

$$F = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 \quad (31)$$

Onde:

C_D = Constante adimensional que depende do número de Reynolds.

A = Área de contato do corpo com o fluido em m^2 .

ρ = Densidade do fluido onde se processa o deslocamento do corpo em kg/m^3 .

v = Velocidade do corpo em m/s .

O número de Reynolds é calculado pela equação abaixo.

$$R = \frac{\rho \cdot V \cdot r_c}{\eta} \quad (32)$$

Onde:

R = Número de Reynolds (adimensional).

V = Velocidade máxima de deslocamento do corpo em m/s .

r_c = Dimensão característica do corpo em m .

η = Viscosidade do fluido em $kg/m \cdot s$.

O número de Reynolds muda com a velocidade, assim quando a esfera passa pela posição central da trajetória, ela assume o máximo valor de R .

O coeficiente C_D se relaciona com o número de Reynolds por meio de uma lei empírica. A equação. (33) apresenta esta lei para uma esfera.

$$C_D \cong \frac{24}{R} + \frac{6}{1+R^{1/2}} + 0,4 \quad (33)$$

Quando o número de Reynolds é menor do que 1, a primeira parcela da equação. (33), $(24/R)$, é o termo dominante na definição de C_D . Com isso, substituindo $24/R$ na equação. (31), verifica-se que a força de arraste é linearmente proporcional à velocidade de deslocamento da esfera.

Quando o número de Reynolds for superior a 10^3 , a terceira parcela da equação. (33) deve prevalecer e, com isso, a força de arraste da equação. (31) torna-se proporcional ao quadrado da velocidade da esfera.

A segunda parcela da equação. (33) representa uma faixa de transição entre os dois limites da relação entre a força de arraste e a velocidade da esfera. As condições do experimento com o pêndulo estabelecem a dependência com o número de Reynolds que pode fazer com que a força responsável pelo amortecimento das oscilações possa ser linearmente proporcional a velocidade, quadraticamente proporcional ou ainda, que combine ambas as dependências.

Isto significa que a força de atrito pode ser escrita como:

$$F_d = b \cdot v + c|v|v \quad (34)$$

Onde:

F_d = Força de amortecimento em N.

b e c = São constantes em kg/s e kg/m, respectivamente.

v = Velocidade do corpo em m/s.

Dessa forma substituindo a equação. (18) na equação (34), esta passa a ser escrita como:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{b}{m} \frac{d\theta}{dt} + \left| \frac{d\theta}{dt} \right| \frac{d\theta}{dt} + \frac{g}{L} \text{sen}\theta = 0 \quad (35)$$

A equação. (35) não possui solução exata e o sinal do termo quadrático da velocidade deve ser ajustado a cada meio ciclo para que o termo sempre atue como força de amortecimento.

No entanto, como as forças de amortecimento atuam sobre a amplitude, não é necessária a resolução da equação, mas apenas uma avaliação da modificação da amplitude de oscilação com o tempo.

Nelson e Olsson (NELSON et al, 1986) se basearam no teorema do trabalho-energia para obter uma expressão do ângulo de oscilação em função do tempo. A equação. (36) apresenta o resultado do cálculo que estes autores realizaram.

$$\theta = \frac{\alpha \theta_M e^{-\alpha t}}{[\beta \theta_M (1 - e^{-\alpha t}) + \alpha]} \quad (36)$$

Onde:

θ_M = Ângulo máximo de deslocamento, em rad.

α = $(1/2).(b/m)$, em S^{-1} .

β = $(4/3).(w_0/\pi).(cL/m)$, em $(rad.s)^{-1}$.

θ_0 = $(g/L)^{1/2}$ é a frequência angular do movimento, em rad/s.

m = Massa da esfera, em kg.

A análise da equação. (36) resulta em conclusões importantes sobre o amortecimento das oscilações do pêndulo. Um pêndulo simples que descreve uma trajetória curta (portanto, com pequena velocidade de movimentação) e seja constituído por uma esfera de pequeno diâmetro, possui número de Reynolds reduzido.

Com isso, a componente de força de arraste proporcional ao quadrado da velocidade deve ser severamente reduzida. Dessa forma, em ambos os casos, quando os valores de c e, conseqüentemente, de β tendem a zero e quando θ_M tende a zero, a equação. (36) se simplifica e passa a exibir apenas o comportamento de uma exponencial negativa, conforme mostra a equação. (37)

$$\theta = \theta_M e^{-\alpha t} \quad (37)$$

O resultado apresentado na equação. (37) é idêntico ao esperado no tratamento de problemas oscilatórios linearmente amortecidos. Na teoria da mecânica de fluidos, quanto menores forem a velocidade de oscilação e as dimensões características da esfera do pêndulo, mais reduzido é o valor do número de Reynolds e, conseqüentemente, mais dominantes serão as condições de estabelecimento da dependência linear da força de arraste com a velocidade. Sob estas condições, pode-se aproximar a força de acordo com a fórmula de Stokes para o arrasto de uma esfera em um fluido com movimento lento e uniforme.

Esta fórmula é dada pela equação. (38)

$$F = -6. \pi. \eta. r. v \quad (38)$$

Onde

r = Raio da esfera, em m.

Logo a equação (38) é tida como a energia dissipada pelo sistema.

2.5 O PYTHON E AS SIMULAÇÕES NAS AULAS DE FÍSICA

A linguagem Python além de ser um recurso gratuito, proporciona ao usuário uma sintaxe bastante simples, com a garantia de abrigar características e linguagens de programação modernas e amplamente utilizadas como, por exemplo, o Java e o C++. Por esses motivos acredita-se que a sua utilização como metodologia de ensino prático e experimental nas aulas de Física, realizadas em laboratórios, com demonstração dos fenômenos físicos, proporcionando a aproximação do ensino com a própria estrutura da Física.

O Python permite a demonstração dos fenômenos da natureza, em que o experimento é considerado como uma ferramenta para a compreensão de conceitos. Dessa maneira podemos afirmar que a experimentação virtual desempenha um papel insubstituível no ensino de Física, ou seja, tanto experiências reais quanto simulações virtuais fornecem um ambiente particularmente rico do ponto de vista pedagógico, os quais ajudam a substituir teorias comuns por teorias científicas.

Com as simulações os alunos não trabalham somente com um aprendizado teórico, uma vez que ele tem a visualização e interação com o fenômeno na prática, o que melhora a sua compreensão do conteúdo que está sendo repassado pelo professor e ainda contribui como uma espécie de facilitador e motivador do ensino.

Os avanços tecnológicos provocam inúmeras mudanças nos meios de produção, de serviços e de comunicação demandando assim novas formas de conceber os conteúdos educativos para integrá-los e aproximá-los ao contexto dos educandos. A RV surge como uma ferramenta para a criação de conteúdos educativos mais criativos e mais integrados com a tendência de imersão e interatividade que as tecnologias da informação e da comunicação nos proporcionam.

Com o intuito alcançar uma melhor proficiência das possibilidades disponibilizadas pela RV no campo da educação, é preciso de antemão, identificar as técnicas e métodos mais adequados para a construção dos conteúdos de aprendizagem e testar sua eficiência. Nesse contexto a linguagem Python emerge como uma excelente ferramenta para a verificação

dessas possibilidades, pois sua utilização ocorre em um contexto online, além de se tratar de um software livre, o que representa um ganho significativo em termos de custos de produção.

Estruturado por uma teoria embasada na resolução de problemas, a qual possibilita a busca por um caminho lógico e eficaz para resolver incógnitas de fenômenos físicos, possibilitando ao educando trilhar etapas adequadas tanto para a resolução dos problemas do Ensino de Física quanto para compará-los e inseri-los na sua realidade cotidiana.

Entretanto, neste estudo em que trabalhamos a RV nas aulas de Física, optamos por trabalhar com RV não-imersiva em vez da Imersiva, pois encontramos na não-imersiva algumas vantagens como, por exemplo:

- Utilizar as vantagens da evolução da indústria de computadores;
- Evitar as limitações técnicas e problemas decorrentes do uso de capacete e outros periféricos;
- Facilidade de uso e custo.

Enquanto que na imersiva teríamos de dispor de inúmeros recursos muitas vezes inacessíveis para as escolas públicas, como por exemplo:

- Visão estéreo;
- Necessidade de conceber duas imagens, uma para cada um dos olhos;
- Sistemas que exigem periféricos mais caros e adequados à projeção estérea.

O uso da RV tem grande potencial ao serem empregados no ensino de Física, porém é importante salientar que as simulações devem ser usadas como uma complementação das aulas teóricas, mas, não de forma a substituí-las. A interação entre RV e Física é especialmente útil para abordar experiências difíceis de serem realizadas na prática no ambiente escolar ou até mesmo impossíveis, seja por falta de materiais, falta de tempo, custo alto, por serem perigosas, demasiadamente rápidas, entre outras.

3 CAPÍTULO 3 – TRABALHOS CORRELATOS

Buscando dar suporte ao presente trabalho em websites, artigos e/ou publicações com enfoque no uso da RV, foram analisadas algumas ferramentas computacionais voltadas para o ensino, que se baseiam no uso da RV e/ou na resolução de problemas, destacando em qual instituição pedagógica foi desenvolvido, seu funcionamento e/ou interface, suas aplicações pedagógicas e suas vantagens e limitações no processo do ensino de Física.

Encontramos inúmeras ferramentas que podem ser utilizadas como recurso complementar para as aulas de Física, dentre as quais destacamos três:

- Laboratório Virtual Cooperativo de Física - LVCF;
- O projeto Sistema Solar Virtual;
- Laboratório do Pêndulo - Phet.

Os critérios estabelecidos para a escolha dos trabalhos que utilizavam a RV como auxílio as aulas de Física, baseiam-se principalmente em:

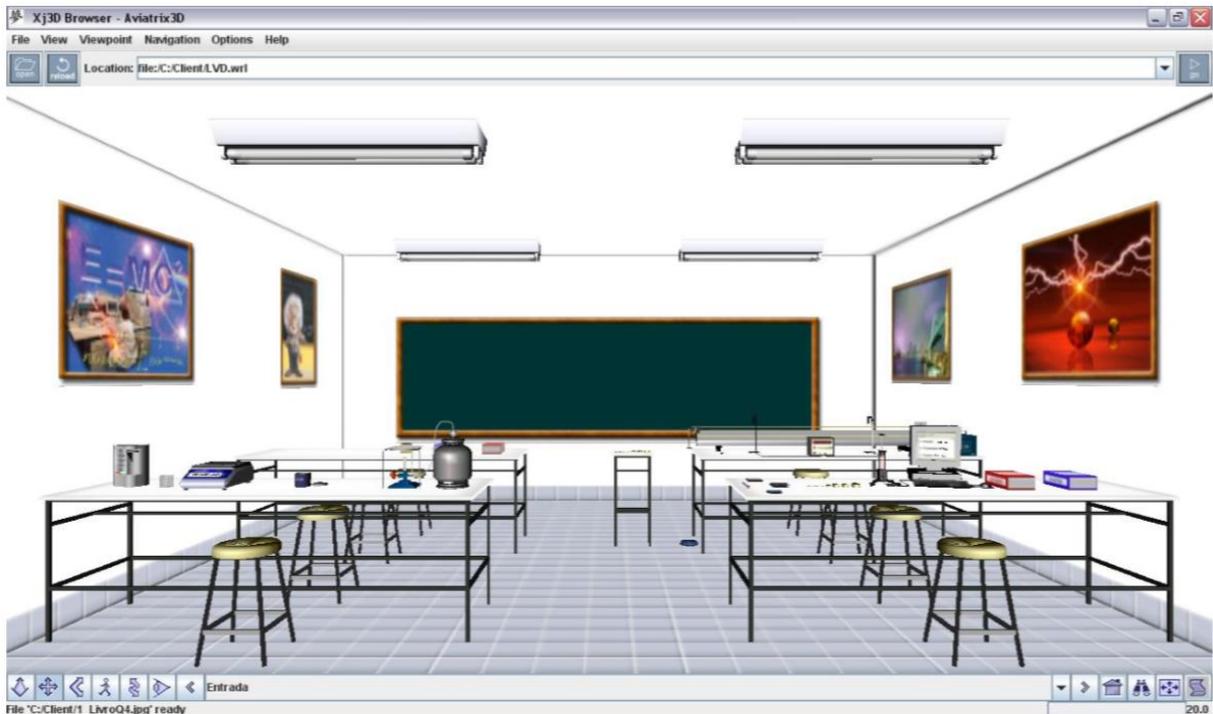
- Acessibilidade;
- Facilidade de manuseio;
- Sistema operacional.

3.1 LABORATÓRIO VIRTUAL COOPERATIVO DE FÍSICA – LVCF

O Laboratório Virtual Cooperativo de Física - LVCF – foi desenvolvido pela Universidade Federal de Uberlândia pelo Professor Luciano Ferreira Silva. É fruto de uma pesquisa de caráter multidisciplinar, visando o uso da RV como suporte à aprendizagem cooperativa, com um desenho pedagógico fundamentado na teoria de resolução de problemas.

O usuário tem ao seu dispor de uma gama de recursos que podem ser utilizados para auxiliar a compreensão de um fenômeno físico de maneira simples e de fácil manuseio. No Laboratório Virtual Cooperativo de Física – LVCF o usuário tem como um dos recursos o estudo, através de simulação em RV, do pêndulo simples. A figura 3.1 nos trás a interface do Laboratório Virtual Cooperativo de Física – LVCF.

Figura 3.1 – Interface do LVCF.



Fonte: Luciano Silva. (SILVA, 2009)

Consiste em um sistema de experimentos de Física que objetiva oferecer suporte para professores e alunos no processo de ensino e aprendizagem por meio da manipulação intencional de objetos virtuais e experimentação de fenômenos físicos em sistemas distribuídos, sustentado pelas teorias de aprendizagem cooperativa, resolução de problemas e conceitos de experimentação em laboratórios virtuais por meio de RV. Para tal fim, o sistema utiliza applets Java associados a ambientes virtuais desenvolvidos em VRML.

3.2 SISTEMA SOLAR VIRTUAL

O projeto *Sistema Solar Virtual (Uma ferramenta para o auxílio ao ensino da astronomia para alunos do ensino fundamental utilizando a RV como tecnologia de apoio)* foi desenvolvido pelo Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara, juntamente com a Faculdade Atual da Amazônia e a Universidade Federal de Uberlândia. O projeto propõe-se à apresentar o uso de RV no ensino da astronomia para alunos do ensino fundamental, tendo com estudo de caso a montagem de um software em formato de aula, simulando o Sistema Solar, em que uma página de internet traz todos os planetas que interagem com o usuário

transmitindo-lhe informações e conceitos. A página foi desenvolvida em HTML que abre arquivos modelados em VRML.

Figura 3.2 – Interface do projeto Sistema Solar Virtual.



Fonte: Kelly Aquino (AQUINO et al, 2010)

Alguns pré-requisitos para o funcionamento do protótipo são de obrigatoriedade para o usuário, como por exemplo: é necessário ter instalado em seu computador um browser – navegador da internet (na grande maioria de computadores é encontrado já instalado o Internet Explorer) e um plug-in (que interpreta os códigos VRML) adequado para o browser.

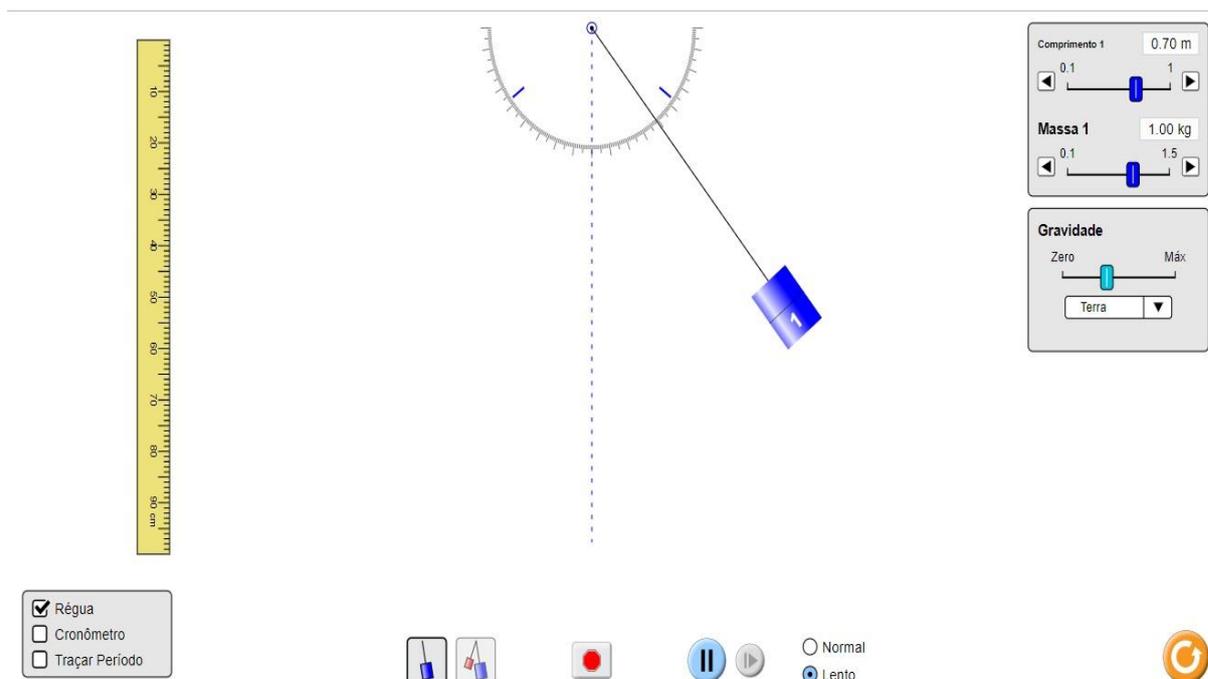
3.3 PHET (UNIVERSIDADE DO COLORADO BOULDER)

Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As sims PhET baseiam-se em extensa pesquisa em educação e envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e da descoberta.

Dentre as inúmeras simulações disponíveis na plataforma podemos citar a simulação “Laboratório do Pêndulo”. Nessa simulação o usuário poderá compreender como ocorre o

movimento periódico a conservação da energia e o período de um pêndulo simples. Desenvolvida em HTML5, é de fácil manuseio e dispões de inúmeros recursos. A figura 3.3 nos mostra a interface do “Laboratório do Pêndulo”.

Figura 3.3 – Laboratório do Pêndulo - Phet.



Fonte: phet.colorado.edu, (PHET, 2019)

Juntamente com cada simulação, o PHET propõe uma seção sobre a teoria envolvida no fenômeno em estudo, uma seção sobre como operar a simulação e uma seção com exercícios sugeridos. O PHET foi desenvolvido para auxiliar professores e alunos, sendo seus experimentos voltados para estudantes universitários nivelados do curso de Física ou áreas afins.

As interfaces mencionadas nas seções anteriores possuem um reconhecimento significativo junto ao meio acadêmico e comercial. Mostrando a importância e as contribuições que a RV pode trazer como ferramenta auxiliar, para o processo ensino e aprendizagem, uma vez embasada em teorias pedagógicas que a sustente, esta tem uma real contribuição. Deste modo, o estudo desses projetos sugere uma construção e desenvolvimento de um produto que venha a auxiliar professores e alunos no ensino dos movimentos oscilatórios.

A simulação proposta por este trabalho tem uma funcionalidade adicional importante em relação a esta citada, ela traz consigo a possibilidade do usuário inserir ou não o atrito com o ar, através dos botões '**Atrito on / Atrito off**'.

4 CAPÍTULO 4 – O PROTÓTIPO

A proposta de utilizar simulações em RV para mostrar os movimentos oscilatórios do pêndulo simples surgiu da verificação de uma sala de aula muito deteriorada em função da ausência de recursos que aproximassem o aluno do fenômeno estudado, uma vez que os alunos demonstram dificuldades em assimilar com maior facilidade coisas abstratas e associá-las ao cotidiano.

Na utilização de simulações temos a praticidade de um recurso muito rico, de fácil acesso e principalmente sem a necessidade de materiais laboratoriais de difícil aquisição por parte das escolas, e em muitos casos, não necessita de um espaço físico muito amplo e/ou específico para realização de atividades experimentais, podendo somente estar de posse de um computador na própria sala de aula.

Vale ressaltar que a simulação proposta, validada e criada em uma RV interativa, pode ser manuseada pelo usuário limitando-se somente as predefinições de valores máximos e mínimos, pré-estabelecidas em seus códigos de construção.

4.1 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Essa simulação visa principalmente auxiliar professores e alunos no ensino e aprendizagem do conteúdo por meio da resolução de problemas de Física nas turmas do ensino médio. Para tanto, primeiramente, foi realizada uma busca por ferramentas que fossem eficazes, acessíveis e de fácil manuseio.

Dentre as ferramentas disponíveis pode-se citar como exemplo o VRML, que tem sido aplicada em diversos projetos para concepção de ambientes virtuais, sendo uma aliada importante no desenvolvimento de mundos tridimensionais, que podem ser compartilhados via Web. Além disso, o VRML apresenta como diferenciais ser gratuito e ser de fácil abstração para construção de elementos 3D geométricos com formas pré-definidas e com atributos variáveis, a possibilidade de inclusão de texturas a estes projetos e realizações de animações destas formas e de seus atributos.

Além disso, podem ser elaborados programas *scripts* que facilitam tais animações utilizando-se a linguagem *Java* ou *JavaScripts* de forma a complementar a troca de informações entre os elementos do mundo virtual (JAMSA, 1999).

Outra ferramenta que pode ser usada para construir ambientes virtuais tridimensionais é o Python, que segundo Borges (BORGES, 2010) é uma linguagem de programação de alto

nível (VHLL – Very High Level Language), criada em 1990 pelo holandês Guido van Rossum no Instituto Nacional de Pesquisa para Matemática e Ciência da Computação da Holanda (CWI) e tinha originalmente foco em usuários como físicos e engenheiros, sob o ideal de “Programação de computadores para todos”. Essa linguagem foi concebida a partir de outra linguagem existente na época, chamada ABC.

Neste trabalho optamos por trabalhar com a linguagem Python por esta ser dinâmica e se destacar como uma das mais populares e poderosas ferramentas da atualidade. Existe, por exemplo, uma comunidade movimentada de usuários da linguagem no mundo, o que reflete em listas ativas de discussão e muitas ferramentas, que executam em diversas plataformas, como Windows, Linux, iOS, etc. com códigos de fácil interpretação e abertos.

Segundo Borges (BORGES, 2010), o Python possui uma sintaxe clara e concisa, que favorece a legibilidade do código fonte, tornando a linguagem mais produtiva. Ela é uma linguagem orientada a objetos, um paradigma que facilita, entre outras coisas, o controle sobre a estabilidade dos projetos quando estes começam a tomar grandes proporções.

O Python por ser uma linguagem orientada a objeto, tendo assim as estruturas de dados que possuem atributos (os dados em si) e métodos (rotinas associadas aos dados). Além dos recursos matemáticos que fazem parte da distribuição padrão, o processamento numérico do Python pode ser feito através do NumPy e outros pacotes que foram construídos à simulação, como o wxPython que é basicamente um *wrapper* para o *toolkit* (conjunto de ferramentas e bibliotecas) wxWidgets, desenvolvido em C++, o Vpython que contém um pacote o qual permite criar e animar modelos simples em três dimensões, esse pacote inclui também um módulo de plotagem de gráficos, chamado *graph*.

As propriedades destacadas acima direcionaram a escolha do Python, ao invés do VRML, com linguagem de desenvolvimento desta pesquisa, visto que um dos requisitos estabelecidos para o protótipo educacional foi a inserção de gráficos matemáticos na sua interface. Neste contexto, o Python, com a inclusão do pacote *graph*, permite essa construção gráfica de maneira mais fluída, em comparação com o VRML, o qual apresenta a necessidade de inserir *applets java* nos browsers Web dos usuários.

4.2 A INTERFACE DO PROTÓTIPO

Nesta seção apresentaremos um passo a passo de como funciona a interface da simulação construída na linguagem de programação Python, de uma forma clara e objetiva,

mostrando todos os caminhos percorridos até a concepção final. Lembramos ainda, que todos os passos dos códigos utilizados para a plotagem da simulação estarão disposto de forma simples e completa na seção (Anexo A) dos apêndices.

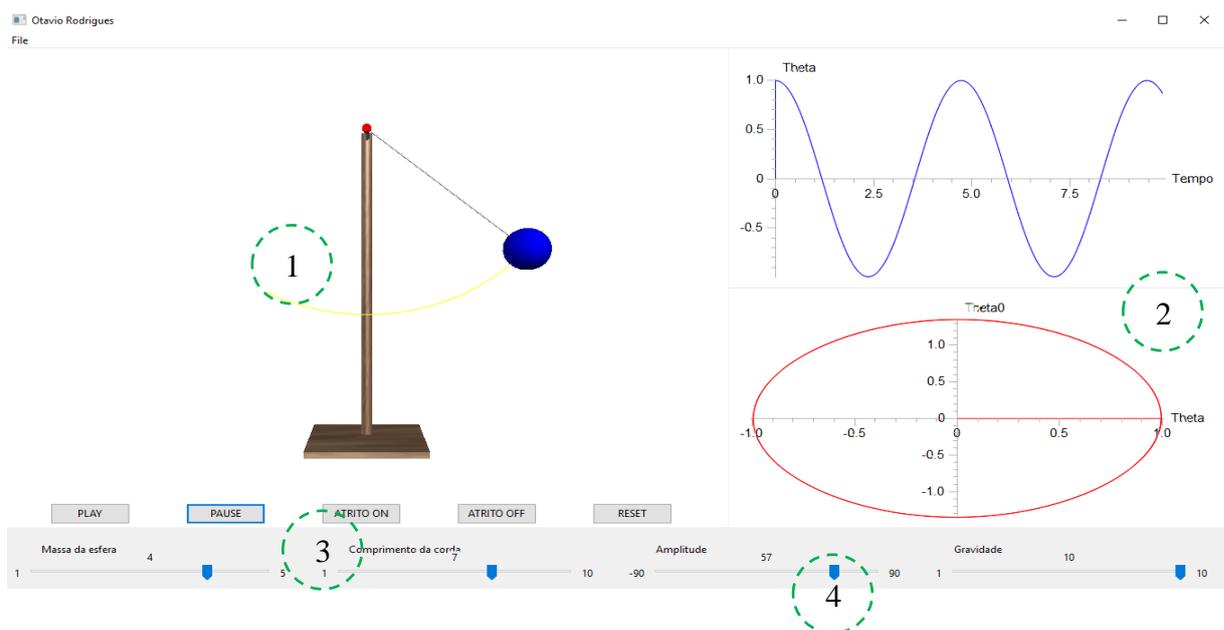
A simulação foi construída na linguagem virtual Python utilizando como recursos importados das bibliotecas Vpython, Visual.Graph e WX, que estão agregadas e rodam em consonância com a linguagem Python.

Para escrita dos códigos em linguagem Python, utilizamos de um IDLE que nada mais é que um ambiente de desenvolvimento integrado para Python. Este recurso não é incluso no pacote Python. Possui uma linguagem em Python e com o kit de ferramentas de GUI Tkinter (funções de empacotamento para Tcl/Tk). De acordo com o arquivo README incluso, suas principais características são:

- Editor de textos multi-janela com destaque de sintaxe, auto complemento, indentação rápida e outras.
- Shell Python com destaque de sintaxe.
- Depurador integrado com passo-a-passo, pontos de parada persistentes e visibilidade de chamada de pilha.

A interface gráfica é apresentada na figura 4.1, a qual mostra a tela inicial da simulação e suas partes componentes.

Figura 4.1 – Janela com a interface da simulação.



Fonte: Do autor.

A interface é composta por quatro partes principais:

1. Janela onde é exibido o pêndulo;
2. Janelas dos gráficos;
3. Botões;
4. Controles deslizantes.

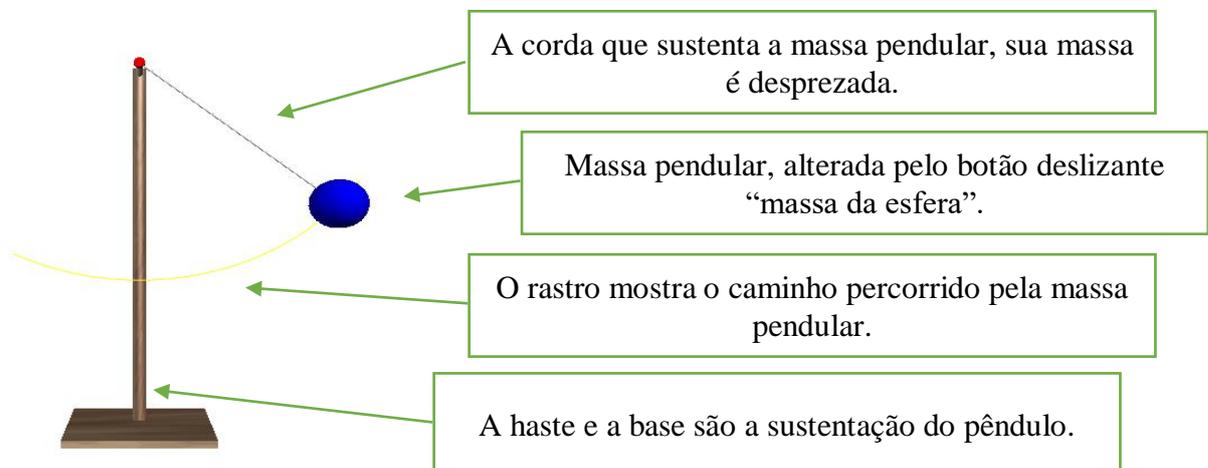
4.2.1 Janela do Pêndulo

Nesta janela temos a presença do pêndulo simples que é composto por:

- Uma base quadrada;
- Uma haste na vertical, a qual tem fixada em seu topo a corda que sustenta a massa pendular;
- A corda que pode de aumentada ou diminuída segundo a vontade de quem manuseia a simulação;
- E fixado na outra extremidade da corda, a massa pendular esférica, que pode ser alterada segundo a vontade de quem a manuseia.

A janela gerada na interface possui ângulos de visualizações diferentes, para isso basta clicar no Pêndulo e movê-lo para qual posição desejar, como está sendo mostrado na figura 4.2.

Figura 4.2 – Janela com o Pêndulo.



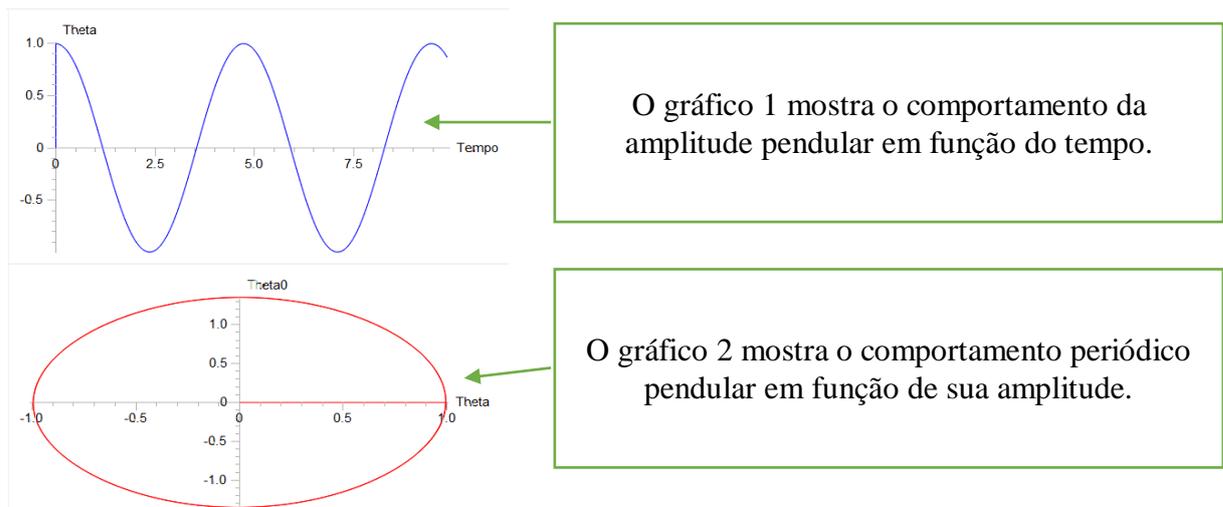
Fonte: Do autor

4.2.2 Janela dos Gráficos

Na interface temos uma segunda janela situada à direita da janela do pêndulo, onde são plotados os gráficos que geram as informações da movimentação pendular. São dois gráficos sendo que o superior mostra a angulação em função do tempo em uma visão bidimensional e o gráfico inferior mostra o período pendular em função da angulação.

Esses gráficos refletem de maneira analítica e em tempo real todo o comportamento do pêndulo durante a simulação, como informações aproximadas acerca de tempo e angulação pendular, tal como período de oscilação para que o usuário tenha um melhor entendimento comportamental, analítico e matemático com relação ao fenômeno em estudo. Ambos os gráficos são mostrados na figura 4.3.

Figura 4.3 – Janela com os dois gráficos.



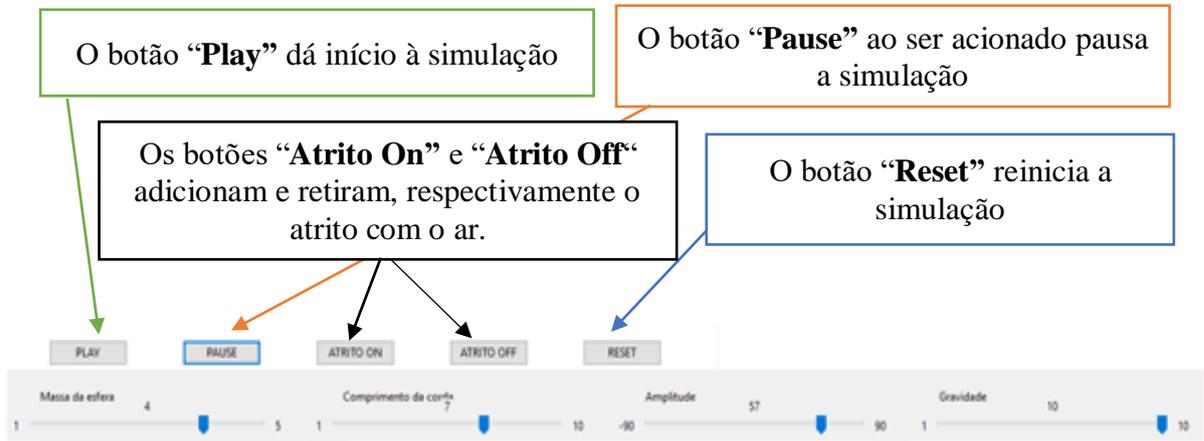
Fonte: Do autor

4.2.3 Botões e Controles deslizantes

São os botões e controles deslizantes que fazem a interação entre o usuário e a simulação, através deles é determinada a configuração inicial da simulação podendo o usuário alterar valores de grandezas como amplitude, massa, comprimento e/ou aceleração gravitacional, vier a achar conveniente. Pode também pausar a simulação assim que achar necessário, bem como inserir ou não o atrito com o ar. Dispõe ainda de um botão reset, o qual

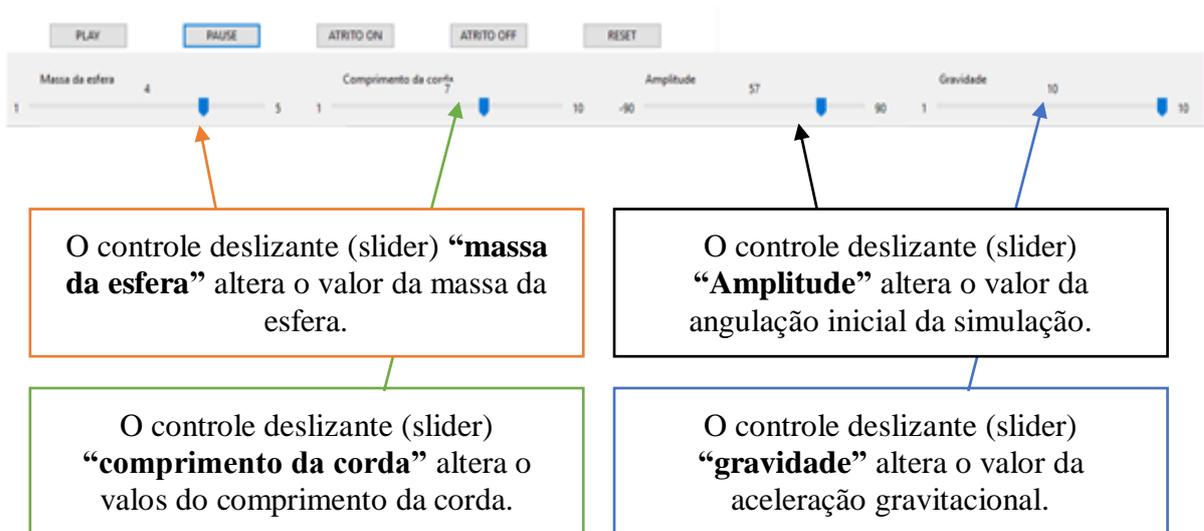
reinicia a simulação. As figuras 4.4.A e 4.4.B mostram de forma detalhada qual a função de cada botão e/ou controle deslizante que o usuário pode utilizar para interagir com a simulação.

Figura 4.4.A – Botões.



Fonte: Do autor

Figura 4.4.B – Controles deslizantes.



Fonte: Do autor

4.3 IMPLEMENTAÇÕES REALIZADAS

Apresentaremos agora um passo a passo sobre o desenvolvimento da simulação, para tanto utilizaremos pequenos trechos do código implementado como exemplo. O protótipo foi construído na linguagem Python utilizando como recursos as bibliotecas Vpython, Visual.Graph e WX.

Sendo que o Vpython foi usado para a construção das figuras geométricas necessárias a simulação, o Visual.Graph é o recurso utilizado para a plotagem dos gráficos e o WX é o instrumento que proporciona a confecção dos botões e controles da simulação, ficando esses condicionados ao cabeçalho dos códigos. Como mostrado na figura 4.8 retratando as bibliotecas utilizadas e suas funções.

Figura 4.8 – Códigos iniciais para acessar a biblioteca do Python.

```
from visual import* #Biblioteca VPython (figuras geométricas)
from visual.graph import* #Biblioteca para plotar gráficos
import wx #Biblioteca para construção de botões e controles
```

Fonte: Do autor

Inicialmente determinamos as constantes físicas que seriam utilizadas na simulação como: comprimento, aceleração da gravidade, tempo, massa, coeficiente de atrito, angulação, e seus respectivos valores iniciais. Essas constantes são necessárias para o estudo do movimento pendular e também são elas que iremos manipular através da simulação. Como mostrado na figura 4.9.

Figura 4.9 – Constates Física.

```
m = 0.2 # massa do Pêndulo
l = 1.0 # comprimento do Pêndulo
a = 0.0 # amortecimento / coeficiente de atrito
g = 1.0 # aceleração gravitacional
```

Fonte: Do autor

Em seguida foi escrita em linguagem Python a equação que rege a simulação do pêndulo simples, utilizamos para isso a equação diferencial (derivada de segunda ordem). De forma rudimentar podemos dizer que esta mede a taxa de variação da própria variação, que ficou escrita segundo a figura 4.10.

Figura 4.10 – Equação diferencial para segunda derivada de teta.

```
def PENDULO (theta, theta0, t):  
    PENDULO = -g/l*sin (theta)-a*theta0 # Equação diferencial  
    return PENDULO
```

Fonte: Do autor

Feito esses passos partimos agora para o “visual” da simulação, construindo a tela inicial e suas respectivas janelas. A figura 4.11 mostra a codificação responsável por exibir o pêndulo virtual. Nós agrupamos objetos geométricos como: esfera (sphere), cilindro (cylinder), cubo (box) em um frame, estes estão dispostos em uma posição espacial específica e cada um com uma função determinada.

Usamos para a base um cubo/retângulo com as suas dimensões (4 x 0,25 x 4), atrelado a base colocamos um cilindro na posição vertical com dimensões (12,2 x 0,2). Na parte superior do cilindro haste fixamos dois outros cilindros na horizontal, um por dentro do outro, dando a impressão de se tratar de uma roldana fixada à um eixo e este preso à haste. Fixado à roldana está uma corda (cilindro) de massa m desprezível, inextensível e inflexível. E por último, na outra borda da corda, colocamos a massa pendular confeccionada à partir de uma esfera. Sendo que a posição e dimensões da massa (esfera) e comprimento da corda são definidas pelo controlador da simulação.

As alterações no comprimento da corda e na massa pendular são feitas quando modificados os valores dos controles deslizantes que se encontram na parte inferior da simulação, ao ser movimentado esse controle ele altera automaticamente os valores iniciais das constantes físicas pré-definidas.

Figura 4.11 – Códigos geradores para a montagem do pêndulo virtual.

```
## Visual do Pêndulo:  
pendulo = frame (pos = (0,6,0))  
esfera = sphere (frame = pendulo, pos = (1*sin(theta), -1*cos(theta),0),  
corda = cylinder (frame = pendulo, pos = (0,0,0), axis = esfera.pos, ...  
haste = cylinder (frame = pendulo, pos =(0,-12,-1.5),axis=vector(0,1,0),  
pitoco = cylinder (frame = pendulo, pos = (0,0,0.1), axis = (0,0,-1.7),  
polia = cylinder (frame = pendulo, pos = (0,0,0.1), axis = (0,0,-0.2),  
base = box (frame = pendulo, pos =(0,-12,-1), length = 4, height = 0.25,
```

Fonte: Do autor

Na interface temos uma segunda janela situada no canto direito, parte superior, onde são plotados dois gráficos que geram as informações da movimentação pendular em tempo real. O primeiro gráfico mostra a angulação pendular em função do tempo, isso de acordo com a equação que coordena esse movimento. Temos assim a amostragem de uma derivação de espaço em função do tempo. O segundo gráfico nos retrata o período pendular, mostrando a frequência do movimento. A figura 4.12 mostra os códigos e seus detalhes referentes ao primeiro gráfico.

Figura 4.12 – Códigos geradores de gráficos

```
# Gráfico 1 e 2:  
Gdisplay (window = janela, x = 801, y = 0, width=550, height=299,  
theta_tempo = gcurve (color = color.blue
```

Fonte: Do autor

A terceira janela diz respeito aos controles utilizados no protótipo, são eles que fazem a interação entre a simulação e o usuário. Essa janela está disposta na parte inferior da interface e foi construída usando a biblioteca WX, suas funções são fazer alterações nas condições iniciais e/ou atuais do movimento. Cada um está diretamente ligado à uma grandeza utilizada na simulação e ao ser alterado seu valor, este automaticamente influencia no resultado produzido pela equação que rege a simulação.

Temos quatro botões na janela, são eles:

- Play – ativa o início da simulação;
- Pause – pausa a simulação assim que o usuário achar necessário;
- Amortecimento on/off – ativa e desativa o atrito com o ar;
- Reset – reinicia a simulação desde o começo.

Além desses botões, a janela possui quatro controles deslizantes que têm as seguintes funções:

- Massa – controla o valor da quantidade de massa da esfera pendular, varia de 1 à 10. Sendo que o seu valor inicial é 1;
- Comprimento – controla o comprimento da corda que varia de 1 à 10. Assim como a massa seu valor inicial também é 1;
- Amplitude – controla a angulação pendular, esta varia de 0 à 90 para a direita e de 0 à 90 para a esquerda a critério do usuário. Seu valor inicial é 0;
- Gravidade – determina o valor da aceleração da gravidade seu valor inicial é 1.

A figura 4.13 mostra uma parte resumida desses controles, em destaque o botão Play e o controle deslizante que altera a Massa.

Figura 4.13 – Códigos geradores de botões e slider que darão manuseio à simulação.

```
# Janela dos Controles:
controle = janela.panel

# Botões:
Play = wx.Button (controle, label = 'PLAY', pos =(50, 570))...
...

# Slider:
massa = wx.Slider (controle, pos = (10, 630), size = (300,20), value = 1,
minValue = 1, maxValue = 5, style = wx.SL_LABELS)...
```

Fonte: Do autor

A visualização e manipulação de experimentos reais realizados em laboratório muitas vezes são difíceis de ocorrerem devido a diversos fatores, como por exemplo, tempos curtos, e algumas vezes fora da percepção humana, da audição, visão, entre outros. Em razão da nossa limitada capacidade sensorial por vezes necessitamos de auxílio de algum instrumento de medição mais sofisticado. Com o uso de uma simulação para mimetizar os fenômenos podemos resolver este tipo de dificuldade, tornando a observação do fenômeno mais perceptível para o aluno.

Esse é o nosso propósito, através da simulação em RV do pêndulo simples tornar interativa a relação entre o aluno e o fenômeno naturais em estudo.

5 CAPÍTULO 5 – AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

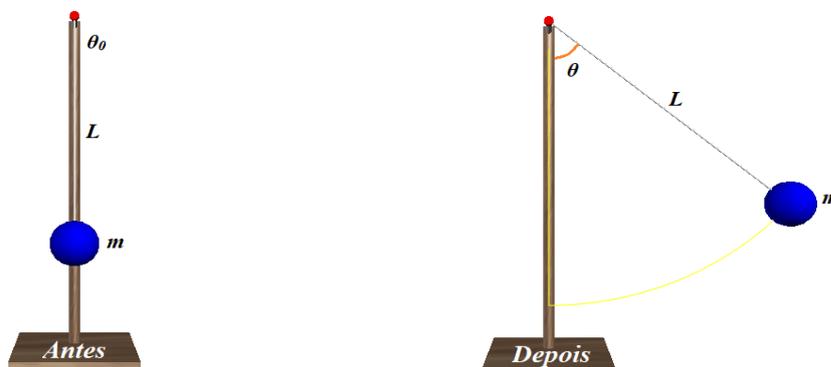
Neste capítulo apresentaremos a metodologia que foi abordada e trabalhada e a avaliação da aplicação do produto educacional. Finalizado o capítulo com a tabulação dos dados e a discussão dos mesmos.

5.1 PREÂMBULO DA AVALIAÇÃO

Objetivando a validação da simulação de movimentos oscilatórios desenvolvida em RV (Python) visando auxiliar a resolução de problemas no ensino médio, para tanto foi desenvolvida uma avaliação em duas turmas do segundo ano do ensino médio de uma escola da rede estadual de Roraima, envolvendo 65 alunos. Sendo a primeira turma (201) com 33 alunos matriculados, e a outra turma (202) com 32 alunos matriculados, ambas do turno noturno.

Foi aplicado nas duas turmas o seguinte questionamento:

Uma partícula de massa = m está presa na extremidade de um fio inextensível de comprimento = L , formando um pêndulo simples como descrito na figura abaixo. A partícula está em repouso com a vertical (θ_0), em seguida é solta, à partir de uma amplitude = θ . Considere que a aceleração local da gravidade = g , determine o valor de período de oscilação da partícula.



Sendo que os valores de comprimento L , massa m e aceleração da gravidade g , estão dispostos nas tabelas 01, 02 e 03, respectivamente, presentes na seção (Anexo B) dos anexos.

A pesquisa tem caráter qualitativo, o qual não se preocupa com a representatividade, mas sim a representação, ou seja, enfatiza a contribuição da simulação em RV para a

resolução de um problema físico. Na investigação foram utilizados pré-questionário e pós-questionário como instrumentos de coleta de dados em sala de aula. A sequência metodológica a ser desenvolvida nesse trabalho foi embasada na teoria de Pozo e Polya.

De maneira resumida, o método de Pozo e Polya é um método de resolução de problemas. Entretanto, ele não descreve os passos para resolver um problema, isso seria uma técnica, e técnica é a maneira de fazer algo. Já método é a maneira de pensar algo. Isto quer dizer que o Método de Polya te ensina a pensar o problema de modo a descobrir a solução, ou seja, a técnica que vai fazer com que o problema seja resolvido, por isso ele é considerado um método heurístico. Dessa forma estaremos avaliando o desempenho dos alunos frente à aplicação do produto seguindo as quatro etapas propostas por Polya.

- Quanto à compreensão do problema: nesse momento, verificamos se os alunos conseguem interpretar o que se pede, através de uma leitura atenta. Se o aluno materializa a ideia proposta pelo questionamento, ou seja, a incógnita. Utilizando para isso os dados fornecidos pelo problema e a condição que deve ser satisfeita relacionando esses dados conforme as condições estabelecidas no enunciado.
- Quanto à elaboração de um plano de ação: observamos, se após a primeira etapa, qual foi a estratégia de ação que o aluno traçou para solucionar a incógnita, que pode variar muito dependendo da natureza do problema. Esta etapa pode ser verificada, por exemplo, com o esboço de uma figura geométrica, com um gráfico, uma tabela ou um diagrama; fazer uso de uma fórmula; tentativa e erro sistemático, entre outras.
- Quanto à executar do plano: analisamos se o plano foi traçado e executado, efetuando-se os cálculos e as estratégias. Será avaliada a eficácia do desenvolvimento matemático.
- Quanto ao retrospecto e/ou verificação: depois de todos os passos traçados e a solução da incógnita encontrada é hora de verificar se as condições do problema foram satisfeitas, se o resultado encontrado faz sentido. Pode-se questionar também sobre outras maneiras de resolver o mesmo problema, como também a resolução de outros problemas correlatos, usando a mesma estratégia, e se o aluno associa a resolução concluída com o cotidiano.

Destaca-se que no procedimento adotado para a dedução e análise dos dados, que foram obtidos com a aplicação do produto educacional, buscou-se verificar a evolução e/ou retrocesso dos resultados perante a própria turma e não a comparação entre turmas.

Entende-se que o movimento oscilatório de um pêndulo simples, é um assunto tecnicamente de dificuldade mediana, esperava-se dessa maneira que a turma tivesse um bom desempenho após a aplicação do produto nos aspectos referente à assimilação interpretativa do assunto no que tange a compreensão conceitual, e também em relação à parte de observação experimental.

Com relação ao tratamento matemático para o assunto, esperava-se que houvesse uma melhora perceptível, mesmo que em pequena escala após a segunda fase (com apresentação da simulação). Uma vez que, as maiores dificuldades dos alunos são referentes a resoluções de problemas de física é justamente com o formalismo matemático que é utilizado. Alguns atribuem tal dificuldade matemática ao não entendimento e compreensão conceitual do fenômeno, dessa maneira não conseguem abstrair os dados corretamente do problema e/ou visualizar o problema proposto.

A simulação em RV vem ajudar o estudante na compreensão do movimento pendular simples através da visualização e interação, com a visualização dos dados gráficos é possível que seja sanado parte das dificuldades atribuídas ao formalismo matemático.

5.2 DESCRIÇÃO DAS AULAS

Primeiramente, a instituição de ensino foi contatada e foram explicados os objetivos da pesquisa, buscando-se o consentimento informal. Em seguida, o pedido foi formalizado por meio da autorização da instituição utilizando-se o Termo de Coparticipação, presente na seção (Anexo C) dos anexos. Após a sua aceitação, a pesquisa foi realizada em sala de aula, de maneira coletiva, em dias e horários previamente agendados. Para a participação os estudantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo C) e somente depois da verificação da sua houve o prosseguimento da pesquisa.

Nesta seção serão apresentados os momentos de forma organizada de como foi aplicado o produto educacional (simulação em RV), e a coleta de dados, que serão analisados e discutidos posteriormente. Antes de dar prosseguimentos salientamos que nas etapas 1 e 2 o trabalho é feito convencionalmente, sem o emprego da metodologia desenvolvida com o software e nem a aplicação de teoria de Pozo e Polya.

5.2.1 Do questionamento prévio

Adotamos primeiramente uma questão prévia, para investigar *como se comportaria um pêndulo simples de comprimento l e massa pendular m que oscila com um período T , onde tanto o componente l como a massa m pode ser variado*. O que acontecerá com o período de oscilação do pêndulo se:

- a. Diminuirmos ou aumentarmos o comprimento l ?
- b. Aumentarmos a massa m do pêndulo?
- c. Levarmos o pêndulo para um local onde a aceleração gravitacional g for diferente da aceleração gravitacional da Terra?

Determinamos como objetivo investigar se o comprimento l , a massa m e a aceleração gravitacional g influenciam no movimento e/ou período de oscilação de um pêndulo simples, possibilitando ao aluno confrontar o valor experimental com o valor teórico.

5.2.2 Das etapas da proposta

A aplicação do produto educacional foi desenvolvida em 4 etapas (aulas) as quais serão detalhadas a seguir.

1. Aula 01: Duração de 1 hora.

Aula sobre movimentos oscilatórios: Pêndulo simples. Nesse momento não tivemos o uso da simulação, todo o procedimento ocorreu de modo tradicional, somente usamos o quadro e os materiais didáticos dispostos pelos alunos (livros, cadernos). Para tanto, denominamos pêndulo simples uma massa pendular que oscila suspensa por um fio de massa desprezível, capaz de descrever um movimento periódico, quando afastado de sua posição de equilíbrio e largado sob a ação da gravidade. Se o ângulo formado entre a vertical e o fio for pequeno, ou seja, os deslocamentos forem pequenos (pequenas amplitudes), a força restauradora que atua na massa puntiforme será proporcional ao deslocamento e terá sentido oposto. Nestas condições, o período é independente da amplitude do movimento e da massa pendular m , sendo o mesmo função apenas do comprimento l do fio e da aceleração da gravidade g . Pode-se, então, através da simulação, calcular o período pendular, a influência

da massa m e do comprimento l do fio, bem como a aceleração da gravidade utilizando a simulação de um pêndulo simples.

2. Aula 02: Duração 1 hora.

Nessa etapa ocorreu a aplicação de um pré-teste (Anexo B) referente a movimentos oscilatórios (pêndulo simples). De posse de uma planilha verificamos quais estratégias os alunos utilizaram para resolver determinada situação, envolvendo um problema físico. Porém com uma análise pré-traçada, voltada às etapas de resolução de problemas segundo Pozo e Polya.

3. Aula 03: Duração 1 hora.

Apresentamos a simulação do pêndulo simples, sua finalidade e ensinamos aos alunos a usarem a simulação, com estratégias pré-traçadas, voltadas às etapas de resolução de problemas segundo Polya.

4. Aula 04: Duração 1 hora.

Aplicação do pós-teste, onde fizemos uso da simulação, na qual além dos materiais dispostos nas aulas anteriores utilizaremos a RV como auxílio na resolução dos problemas propostos, seguindo sempre as etapas de resolução de problemas proposta por Polya. Seguimos com o preenchimento de uma planilha idêntica a utilizada na aplicação do pré-teste.

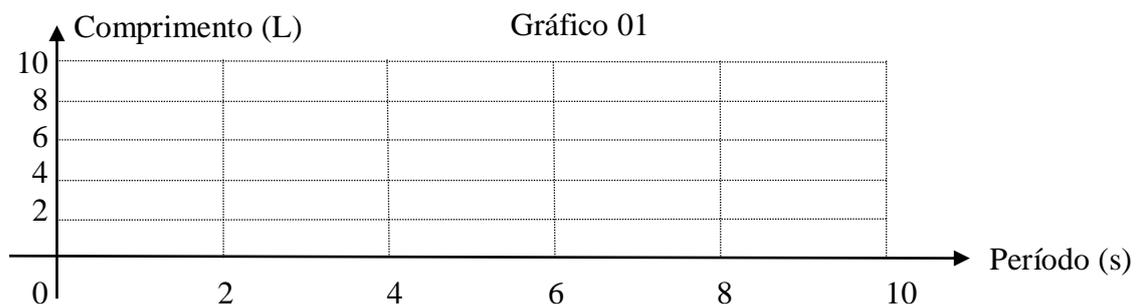
5.2.3 Das atividades (pré-teste e pós-teste)

1ª Questão: Comprimento l da corda variável:

1. Ter acesso a um computador com o simulador do experimento instalado e acessar o experimento pendulo.py (somente na aula 04);
2. Selecionar e mantê-lo fixo as seguintes informações (segundo a tabela 01):
 - a. Aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$;
 - b. Massa $m = 5 \text{ g}$;
 - c. Ângulo $\theta = 10^\circ$.
3. Selecionar um valor, diferente de zero, em 5 momentos para o comprimento l da corda (segundo a tabela 01);

4. Medir o tempo t de uma oscilação completa (período) do pêndulo e inserir o valor na tabela 01;
 - a. Aula 2 (pré-teste) sem a presença da simulação.
 - b. Aula 4 (pós-teste) com a presença da simulação.
5. Repetir este procedimento até completar a tabela 01;
6. Mostrar os resultados obtidos em um gráfico (comprimento (l), tempo (t)).

TABELA 1				
Comprimento (m)	Ângulo ($^{\circ}$)	Massa (g)	Gravidade (m/s^2)	Período (s)
$l = 2m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 5\text{ g}$	$g = 10\text{ m/s}^2$	
$l = 4m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 5\text{ g}$	$g = 10\text{ m/s}^2$	
$l = 6m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 5\text{ g}$	$g = 10\text{ m/s}^2$	
$l = 8m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 5\text{ g}$	$g = 10\text{ m/s}^2$	
$l = 10m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 5\text{ g}$	$g = 10\text{ m/s}^2$	

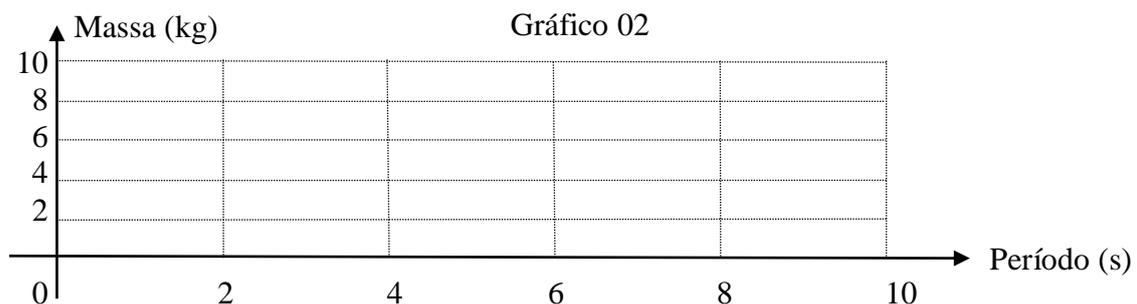


2ª Questão: Massa m variável:

1. Ter acesso a um computador com o simulador do experimento instalado e acessar o experimento pendulo.py (somente na aula 04);
2. Selecionar e mantê-lo fixo as seguintes informações (segundo a tabela 02):
 - a. Comprimento da corda $l = 5\text{ m}$;
 - b. Aceleração da gravidade $g = 10\text{ m/s}^2$;
 - c. Ângulo $\theta = 10^{\circ}$.
3. Selecionar um valor, diferente de zero, em 5 momentos para a massa m (segundo a tabela 02);

4. Medir o tempo t de uma oscilação completa (período) do pêndulo e inserir o valor na tabela 02;
 - a. Aula 2 (pré-teste) sem a presença da simulação.
 - b. Aula 4 (pós-teste) com a presença da simulação.
5. Repetir este procedimento até completar a tabela 02;
6. Mostrar os resultados obtidos em um gráfico (massa (m), tempo (t)).

TABELA 2				
Comprimento (m)	Ângulo ($^{\circ}$)	Massa (g)	Gravidade (m/s^2)	Período (s)
$l = 5m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 2 g$	$g = 10 m/s^2$	
$l = 5m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 4 g$	$g = 10 m/s^2$	
$l = 5m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 6 g$	$g = 10 m/s^2$	
$l = 5m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 8 g$	$g = 10 m/s^2$	
$l = 5m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 10 g$	$g = 10 m/s^2$	

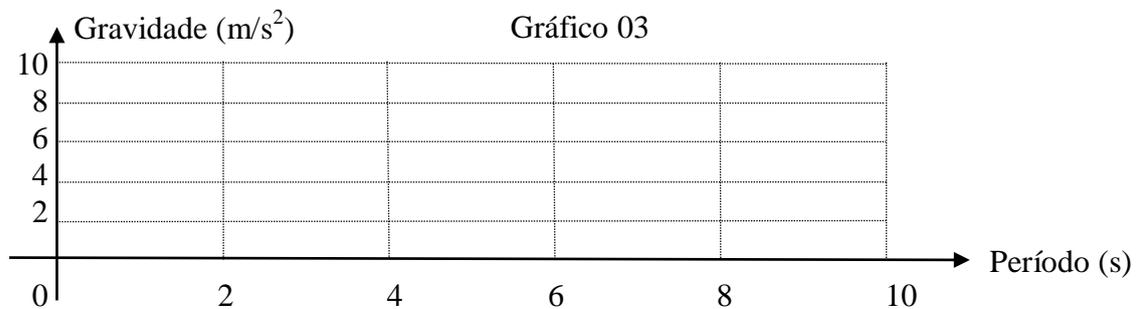


3ª Questão: Aceleração da gravidade g variável:

1. Ter acesso a um computador com o simulador do experimento instalado e acessar o experimento pendulo.py (somente na aula 04);
2. Selecionar e mantê-lo fixo as seguintes informações (segundo a tabela 01):
 - a. Comprimento da corda $l = 5 m$;
 - b. Massa $m = 5 g$;
 - c. Ângulo $\theta = 10^{\circ}$.
3. Selecionar um valor, diferente de zero, em 5 momentos para a aceleração da gravidade g (segundo a tabela 03);
4. Medir o tempo t de uma oscilação completa (período) do pêndulo e inserir o valor na tabela 03;

- a. Aula 3 (pré-teste) sem a presença da simulação.
 - b. Aula 4 (pós-teste) com a presença da simulação.
5. Repetir este procedimento até completar a tabela 03;
 6. Mostrar os resultados obtidos em um gráfico (aceleração (g), tempo (t)).

Comprimento (m)	Ângulo ($^{\circ}$)	Massa (g)	Gravidade (m/s^2)	Período (s)
$l = 5m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 5 g$	$g = 2 m/s^2$	
$l = 5m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 5 g$	$g = 4 m/s^2$	
$l = 5m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 5 g$	$g = 6 m/s^2$	
$l = 5m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 5 g$	$g = 8 m/s^2$	
$l = 5m$	$\theta = 10^{\circ}$	$m = 5 g$	$g = 10 m/s^2$	



Nas três questões será perguntado no questionário o que houve com o período do pêndulo após as alterações da tabela.

5.3 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

As estratégias cognitivas e metacognitivas são utilizadas de acordo com a maneira com que o sujeito processa as informações. O que difere o enfoque superficial do enfoque profundo a respeito do conhecimento é a concepção que o aluno possui sobre o que é aprendizagem, as atividades e a forma com que realiza as atividades. Cada aprendizagem está vinculada a uma série de estratégias específicas.

As estratégias metacognitivas permitem a elaboração complexa do pensamento acerca do que está sendo aprendido (POZO, 1998). Estas estratégias possibilitam planejar, controlar e regular a aprendizagem. O planejamento faz com que o sujeito pense nos conhecimentos organizando-os, ativando os conhecimentos prévios a respeito do mesmo e assim compreenda o que está estudando. Assim sendo, optou-se por aplicar uma metodologia avaliativa, a qual

procura analisar a evolução do aluno, frente resolução de problemas de movimentos oscilatórios, antes e a após o uso do trabalho proposto, não executando comparações de progresso entre alunos ou turmas. Contudo, tanto no pré-teste quanto no pós-teste será seguido como norteadora a teoria de Pozo e Polya, efetuando-se uma correlação entre o que se espera do aluno nas etapas de resolução de problemas da teoria (compreensão, plano de ação, execução e retrospecto) e o que ele concretamente realizou. Observamos o aprendizado dos alunos sobre as quatro etapas de resolução de problemas, sendo que cada aspecto foi analisado de acordo com três notas conceituais: Bom, Regular e Insuficiente. Sendo assim, a coleta de dados obedecem aos seguintes critérios:

- I. Verificar se os alunos conseguem interpretar o que se pede, se materializam a ideia proposta pelo questionamento inicial;
 - Bom – se interpretou corretamente o questionamento prévio.
 - Regular – se interpretou parte do questionamento prévio.
 - Insuficiente – se não houve interpretação do questionamento prévio.

- II. Observar qual a estratégia de ação que o aluno traçou para solucionar o problema sobre o comportamento pendular;
 - Bom – se desenvolveu uma ou mais estratégias, coerente, para solucionar o questionamento prévio.
 - Regular – se desenvolveu com falha e/ou dificuldades uma estratégia para solucionar o questionamento prévio.
 - Insuficiente – se não desenvolveu uma estratégia para solucionar o questionamento prévio.

- III. Avaliar a eficácia do tratamento matemático para o problema, qual ou quais caminhos o aluno traçou (preenchimento das tabelas e gráficos);
 - Bom – se respondeu corretamente o questionamento prévio.
 - Regular – se respondeu parte do questionamento prévio.
 - Insuficiente – se não respondeu o questionamento prévio.

- IV. Analisar se o aluno associa a resolução concluída com o cotidiano, se está concussão satisfaz o questionamento prévio (pergunta conceitual).

- Acertou – se associou o questionamento prévio com a realidade.
- Errou – se não associou o questionamento prévio com a realidade.
- Não soube informar – se ficou indiferente quanto ao questionamento prévio.

5.3.1 Critérios utilizados nos testes

Após a aplicação do pré-teste sem o uso da simulação e do pós-teste com o uso da simulação, utilizamos uma planilha que está disposta na seção (Anexo D) dos anexos, para coletar os dados. A análise deu-se da seguinte maneira:

- O primeiro aspecto analisado em nossa planilha foi referente à primeira etapa proposta por Pozo e Polya para resoluções de problemas, para tanto perguntamos a cada aluno, qual o seu entendimento sobre o problema proposto, para verificarmos se conseguiam ter uma compreensão dos problemas. Atribuímos como pontuação conceitos **I = Insuficiente**, **R = Regular** e **B = Bom**. Como padrão, se o aluno demonstra compreensão em somente **uma** questão atribuiríamos conceito **I**, se o aluno demonstra compreensão em **duas** questões atribuiríamos conceito **R** e se o aluno demonstra compreensão nas **três** questões atribuiríamos conceito **B**.
- O segundo aspecto analisado em nossa planilha foi referente à segunda etapa proposta por Pozo e Polya para resoluções de problemas, para tanto observamos se o aluno utilizava como um plano traçado, o uso da formula Física do período ($T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$). Atribuímos como pontuação conceitos **I = Insuficiente**, **R = Regular** e **B = Bom**. Como padrão, se o aluno propusesse em utilizar como plano elaborado a fórmula do período em somente **uma** questão atribuiríamos conceito **I**, se o aluno propusesse em utilizar como plano elaborado a fórmula do período em **duas** questões atribuiríamos conceito **R** e se o aluno propusesse em utilizar como plano elaborado a fórmula do período nas **três** questões atribuiríamos conceito **B**.
- O terceiro aspecto analisado em nossa planilha foi referente à terceira etapa proposta por Pozo e Polya para resoluções de problemas, para tanto observamos se o aluno utilizava de forma correta a formula Física do período ($T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$) encontrando, assim

os resultados esperados. Atribuimos como pontuação conceitos **I = Insuficiente**, **R = Regular** e **B = Bom**. Como padrão, se o aluno utilizasse de forma correta a formula Física do período em somente **uma** questão atribuiríamos conceito **I**, se o aluno utilizasse de forma correta a formula Física do período em **duas** questões atribuiríamos conceito **R** e se o aluno utilizasse de forma correta a formula Física do período se o aluno utilizasse de forma correta a formula Física do período nas **três** questões atribuiríamos conceito **B**.

- O quarto aspecto analisado em nossa planilha foi referente à quarta etapa proposta por Pozo e Polya para resoluções de problemas, para tanto utilizamos como forma de aferição o item **c** de cada questão. Atribuimos como pontuação conceitos **I = Insuficiente**, **R = Regular** e **B = Bom**. Como padrão, se o aluno não soube informar, ou seja, se ficou indiferente quanto ao questionamento prévio atribuiríamos conceito **I**, se o aluno errou a questão, ou seja, se não associou o questionamento prévio com a realidade atribuiríamos conceito **R**, se o aluno acertou a questão, ou seja, se associou o questionamento prévio com a realidade atribuiríamos conceito **B**.

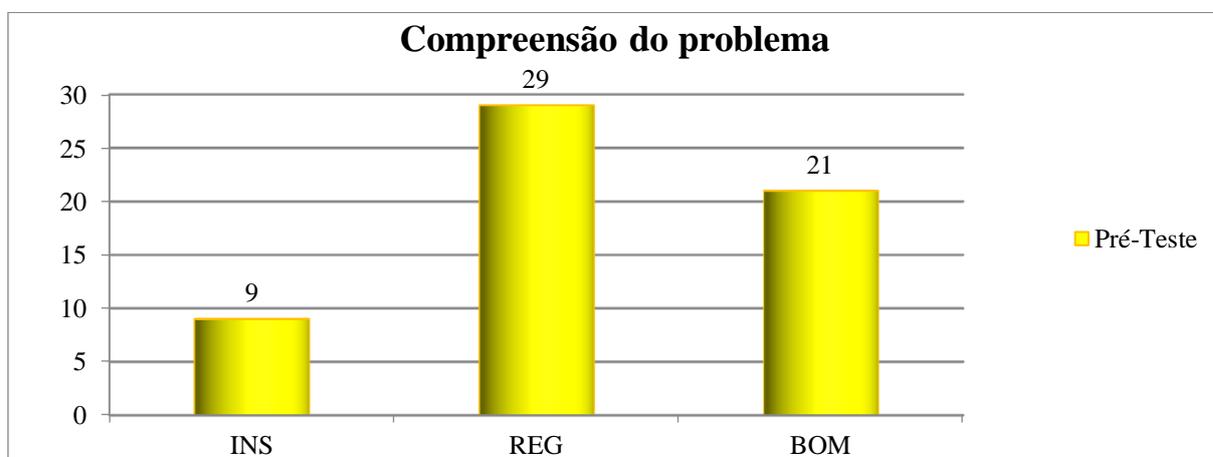
5.3.2 Resultados do pré-teste das turmas 201 e 202

A seguir apresentamos os gráficos com os dados conceituais obtidos pelos alunos das turmas 201 e 202, seguindo uma sequência segundo as etapas de resolução de problemas proposta por Pozo e Polya.

A turma 201 é composta por 33 alunos matriculados, mas apenas 31 frequentaram as etapas 1 e 2 da aplicação do produto. Já a turma 202 é composta por 32 alunos matriculados, mas apenas 28 frequentaram as etapas 1 e 2 da aplicação do produto. Portanto para coleta de dados do pré-teste nas turmas utilizamos o total de alunos presentes na etapa 1 e 2. A ordem apresentada dos alunos está de acordo com a lista fornecida pela secretaria da escola, e usamos uma sequência numérica para identificá-los.

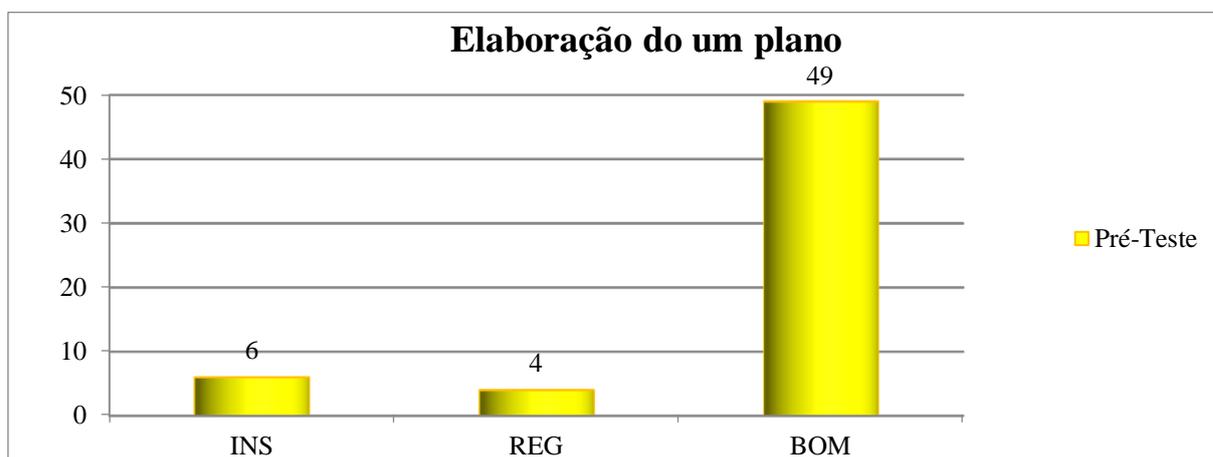
A seguir apresentaremos quatro gráficos (Figura 5.1, Figura 5.2, Figura 5.3 e Figura 5.4) que representam o desempenho dos alunos das turmas 201e 202 onde, todos os gráficos terão como análise uma etapa proposta por Pozo e Polya.

Figura 5.1. Gráfico com a análise sobre a compreensão do problema do pré-teste da turma 201 e 202.



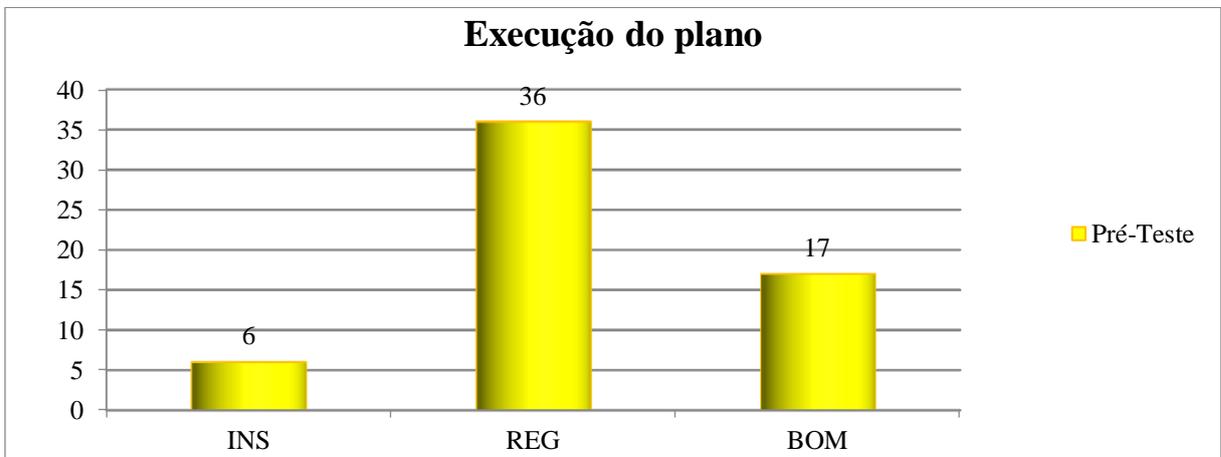
Na aplicação do pré-teste, ao analisarmos se os alunos das turmas 201 e 202 conseguiram compreender o problema proposto, verificamos que do total de alunos que realizaram a prova, 9 deles obtiveram conceito insuficiente, 29 alunos conseguiram um desempenho regular, e 21 alunos conseguiram o conceito bom.

Figura 5.2. Gráfico com a análise sobre o plano traçado pelo aluno para resolver o problema do pré-teste das turmas 201 e 202.



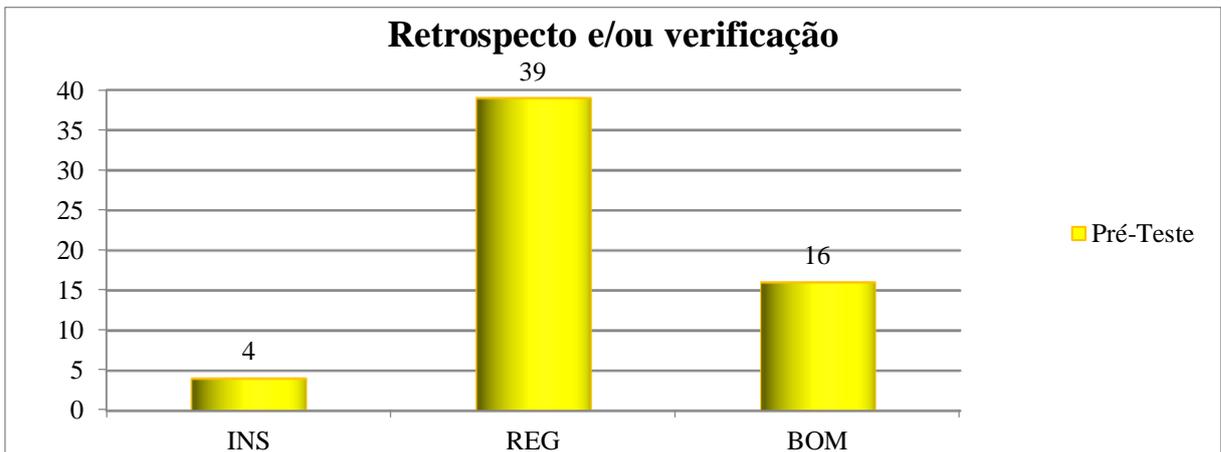
Ao analisarmos se os alunos das turmas 201 e 202 conseguiam traçar um plano para a resolução do problema proposto, verificamos que dos 59 alunos que realizaram a prova, 6 deles obtiveram conceito insuficiente, 4 aluno teve um desempenho regular, e 49 alunos conseguiram o conceito bom.

Figura 5.3. Gráfico com a análise de como o plano traçado foi executado pelos alunos no pré-teste das turmas 201 e 202.



Na análise das tabelas para verificar se os alunos das turmas 201 e 202 conseguiram resolver de maneira correta o problema proposto, verificamos que do total de alunos que realizaram a prova, 6 deles obtiveram conceito insuficiente, 36 alunos tiveram um desempenho regular, e 17 alunos conseguiram o conceito bom.

Figura 5.4. Gráfico com a análise do pré-teste das turmas 201 e 202 sobre qual o entendimento do aluno em relação ao fenômeno proposto, se ele foi associado à realidade.



Quando verificamos se os alunos das turmas 201 e 202 conseguiam associar o problema proposto com um fenômeno natural utilizando para isso o **item c** de cada questão, verificamos que na turma 201, dos 59 alunos que realizaram a prova, 4 deles obtiveram conceito insuficiente, 39 alunos tiveram um desempenho regular, e 16 alunos conseguiram o conceito bom.

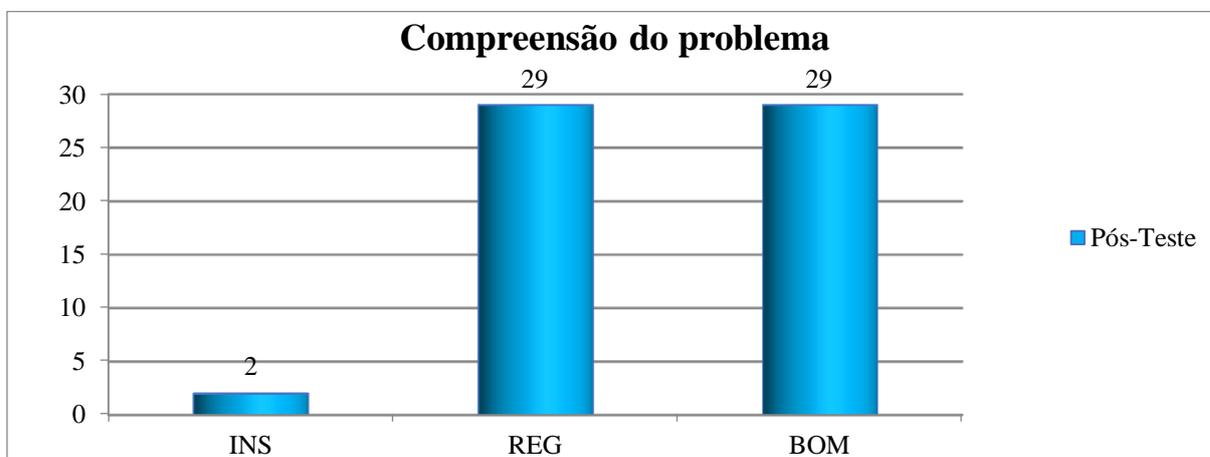
5.3.3 Resultados do pós-teste das turmas 201 e 202

Após a 3ª etapa, que mostrou como funciona a simulação aplicamos o pós-teste, o qual será apresentado a seguir os seus resultados expressos pelos gráficos com as notas conceituais obtidas pelos alunos das turmas 201 e 202. A seguir apresentamos os gráficos com os dados conceituais obtidos pelos alunos das turmas 201 e 202, seguindo uma sequência segundo as etapas de resolução de problemas proposta por Pozo e Polya.

Na turma 201 do total de alunos matriculados apenas 32 frequentaram as etapas 3 e 4 da aplicação do produto. Já a turma 202 do total de alunos matriculados, apenas 28 frequentaram as etapas 3 e 4 da aplicação do produto. Portanto para coleta de dados do pré-teste nas turmas utilizamos o total de alunos presentes na etapa 3 e 4.

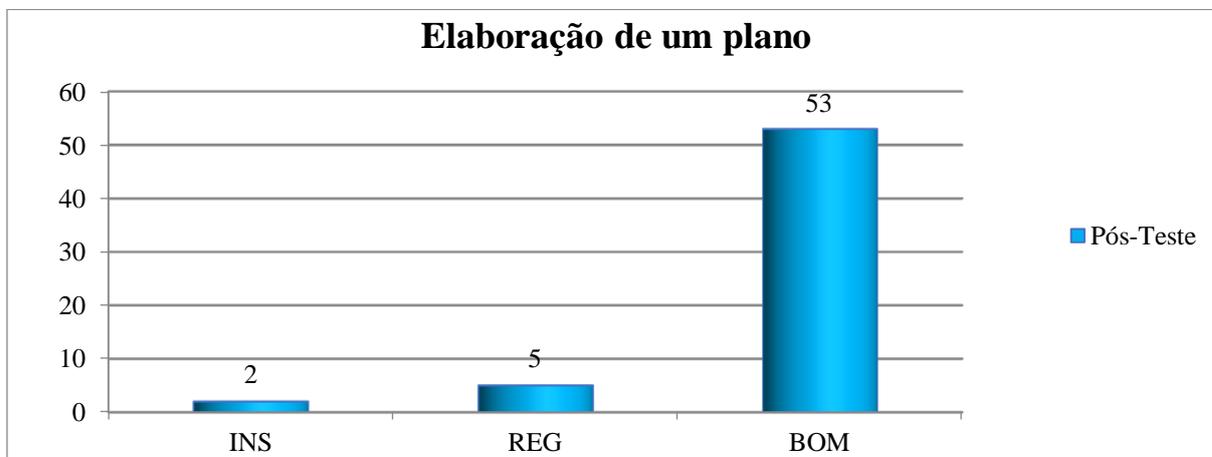
A seguir apresentaremos quatro gráficos (Figura 5.5, Figura 5.6, Figura 5.7 e Figura 5.8) que representam o desempenho dos alunos das turmas 201 e 202. Cada gráfico terá como análise uma etapa proposta por Pozo e Polya.

Figura 5.5 Gráfico com a análise sobre a compreensão do problema do pós-teste das turmas 201 e 202.



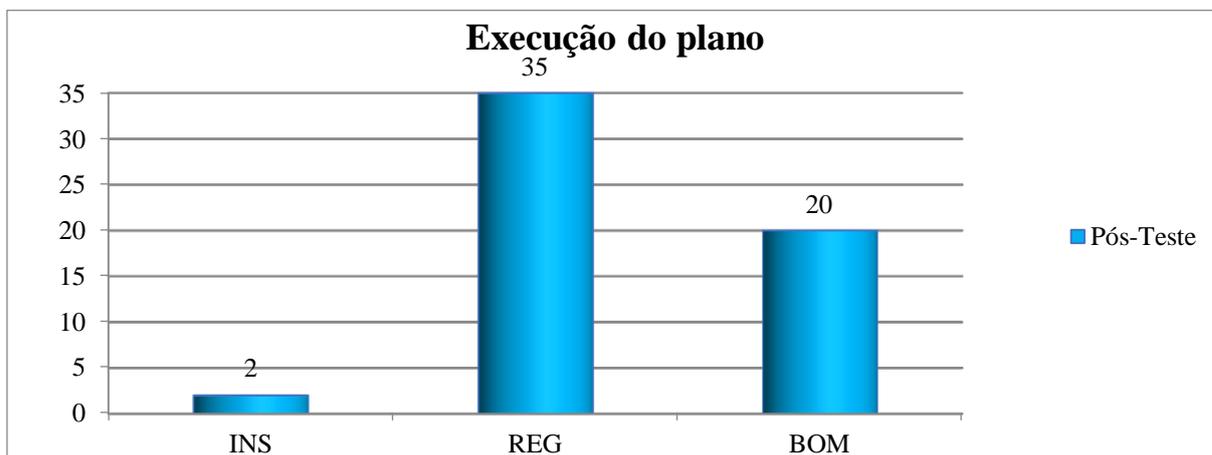
Na aplicação do pós-teste, ao analisarmos se os alunos das turmas 201 e 202 conseguiram compreender o problema proposto tendo como auxílio a simulação em RV do pêndulo simples, verificamos que dos 60 alunos que realizaram a prova, 2 deles obtiveram conceito insuficiente, 29 alunos conseguiram um desempenho regular, e 29 alunos conseguiram o conceito bom.

Figura 5.6 Gráfico com a análise sobre o plano traçado pelo aluno para resolver o problema do pós-teste das turmas 201 e 202.



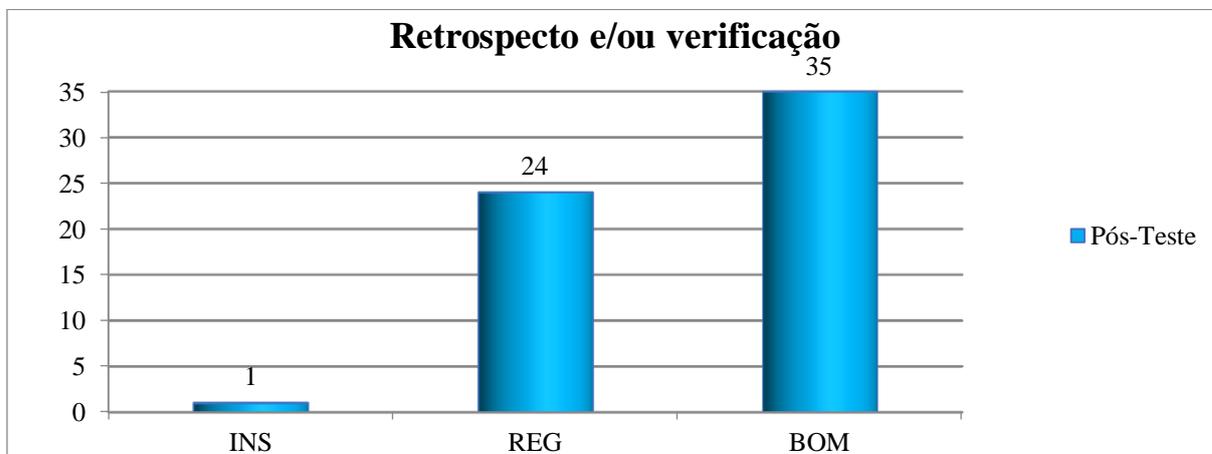
Ao analisarmos se os alunos das turmas 201 e 202 conseguiam traçar um plano para a resolução do problema proposto, tendo como auxílio a simulação em RV do pêndulo simples, verificamos que dos 60 alunos que realizaram a prova, 2 deles obtiveram conceito insuficiente, 5 alunos tiveram um desempenho regular, e 53 alunos conseguiram o conceito bom.

Figura 5.7 Gráfico com a análise de como o plano traçado foi executado pelo aluno do pós-teste da turma 201 e 202.



Na análise dos gráficos para verificar se os alunos das turmas 201 e 202 conseguiram resolver de maneira correta o problema proposto, tendo como auxílio a simulação em RV do pêndulo simples, verificamos que dos 60 alunos que realizaram a prova, 2 deles obtiveram conceito insuficiente, 35 alunos tiveram um desempenho regular, e 20 alunos conseguiram o conceito bom.

Figura 5.8 Gráfico com a análise do pós-teste da turma 201 sobre qual o entendimento do aluno em relação ao fenômeno proposto, se ele foi associado à realidade.



Quando verificamos se os alunos das turmas 201 e 202 associavam o problema proposto com um fenômeno natural utilizando para isso o **item c** de cada questão, tendo como auxílio a simulação em RV do pêndulo simples, verificamos que dos 60 alunos que realizaram a prova, 1 deles obteve conceito insuficiente, 24 alunos tiveram um desempenho regular, e 35 alunos conseguiram o conceito bom.

5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção será destinada ao tratamento comparativo entre os resultados do pré-teste e do pós-teste para avaliar e verificar o impacto e evolução que uma simulação sobre o movimento pendular simples, sendo utilizada como uma ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem pode trazer para as aulas de Física.

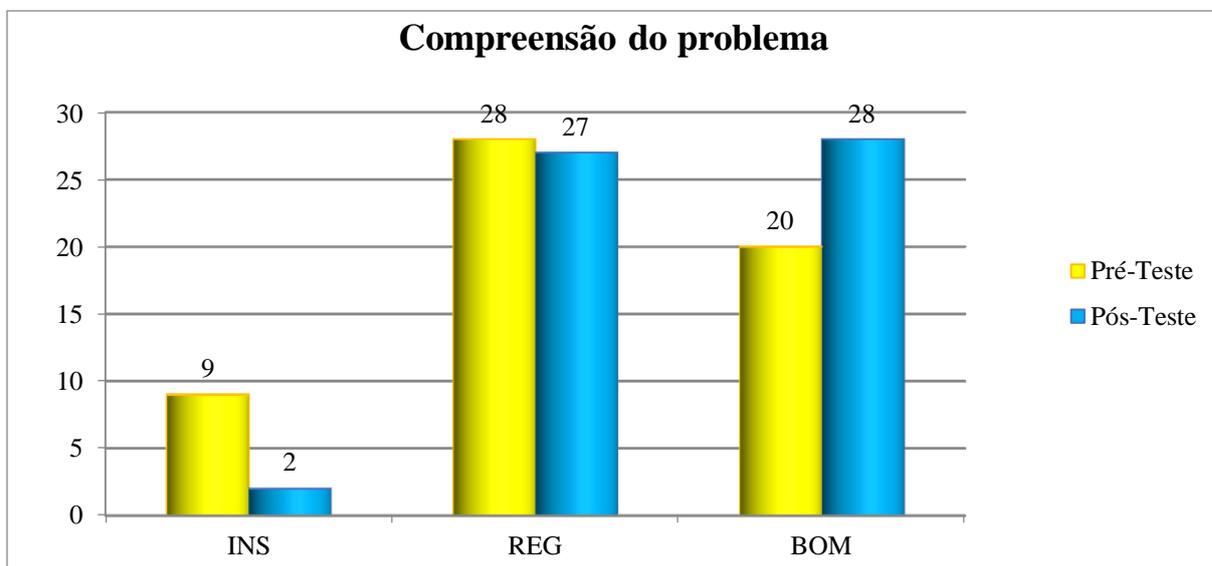
A seguir apresentamos um comparativo do pré e pós-teste das turmas 201 e 202, sempre seguindo as etapas de resolução de problemas proposto por Pozo e Polya. Lembramos ainda, que retiramos das análises os alunos que faltaram no pré-teste e/ou pós-teste para que a análise seja o mais fiel possível à realidade da pesquisa.

A turma 201 tem 33 alunos matriculados, mas apenas 30 frequentaram todas as etapas da aplicação do produto. Na turma 202 com 32 alunos matriculados, apenas 27 frequentaram todas as etapas da aplicação do produto, portanto para o comparativo de dados do pré-teste e pós-teste das turmas 201 e 202 utilizaremos o total de alunos presentes em todas as etapas da aplicação do produto.

- **Etapa 1: Compreensão do problema**

Ao realizamos as análises referentes ao comparativo entre pré-teste e pós-teste verificamos que a simulação de um fenômeno físico em RV ajudou na visualização e no entendimento do problema fazendo com que a quantidade de alunos na categoria INSUFICIENTE decaísse enquanto que na categoria BOM esse índice aumentasse. A figura 5.9 que contém o gráfico desse comparativo irá nos mostrar juntamente esse crescimento na compreensão do problema.

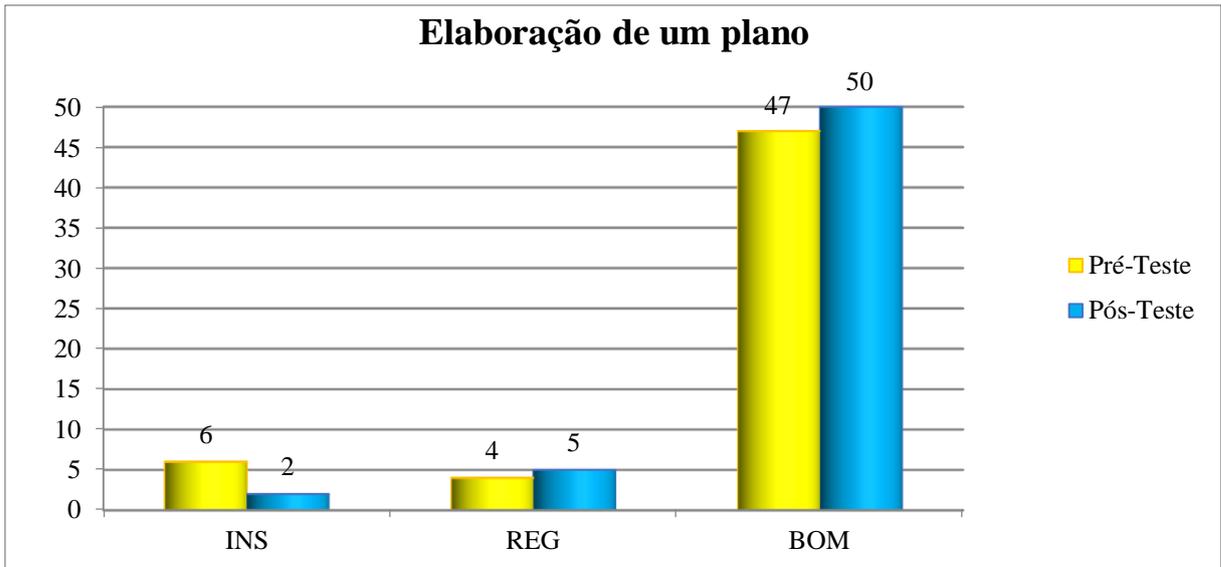
Figura 5.9 Gráfico com a análise comparativa do pré-teste e pós-teste das turmas 201 e 202, relacionado à compreensão do problema.



- **Etapa 2: Elaboração de um plano**

Na análise referente ao comparativo entre pré-teste e pós-teste verificamos que simulação de um fenômeno físico em RV alterou um pouco o entendimento do aluno quanto a elaboração de uma estratégia para resolução do problema, uma vez que quase todos utilizaram-se da equação do pêndulo simples tanto no pré-teste quanto no pós-teste. A figura 5.10 que contém o gráfico desse comparativo irá nos mostrar juntamente essa singela alteração nos dados em relação à compreensão do problema.

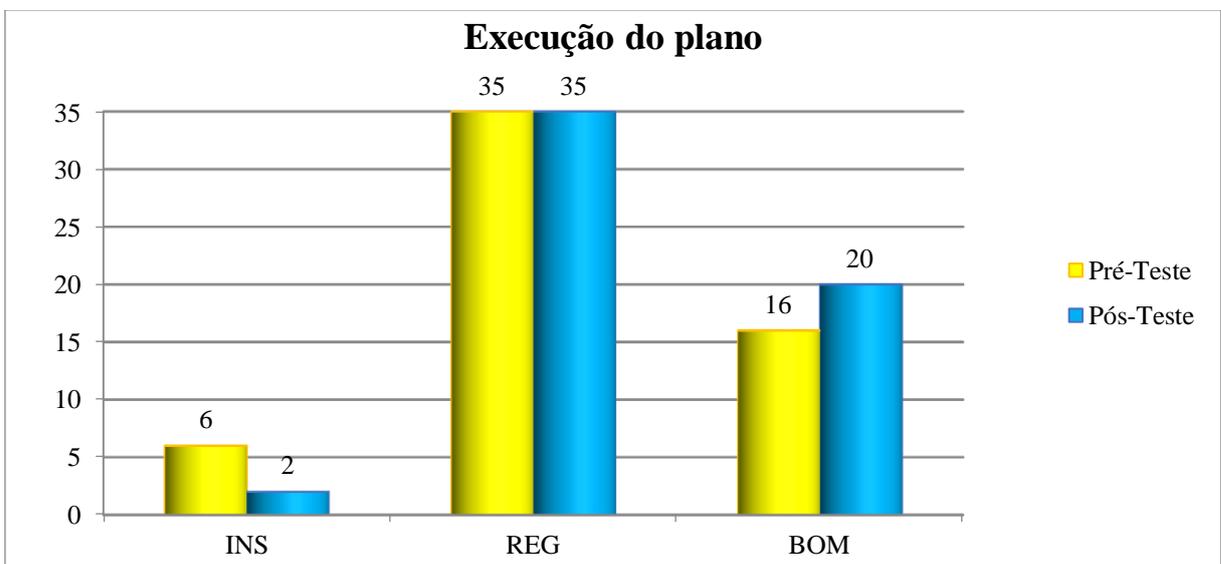
Figura 5.10 Gráfico com a análise comparativa do pré-teste e pós-teste das turmas 201 e 202, relacionado à elaboração de um plano.



- **Turma 201 – Etapa 3: Execução do plano**

Na realização da análise referente ao comparativo entre pré-teste e pós-teste verificamos que a simulação de um fenômeno físico em RV referente à execução do plano é muito parecida não alterando de maneira significativa o entendimento do aluno quanto à execução do problema em questão, uma vez que quase todos mantiveram quase os mesmos conceitos tanto no pré-teste quanto no pós-teste. A figura 5.11 que contém o gráfico desse comparativo irá nos mostrar juntamente esse comparativo quanto à execução do plano.

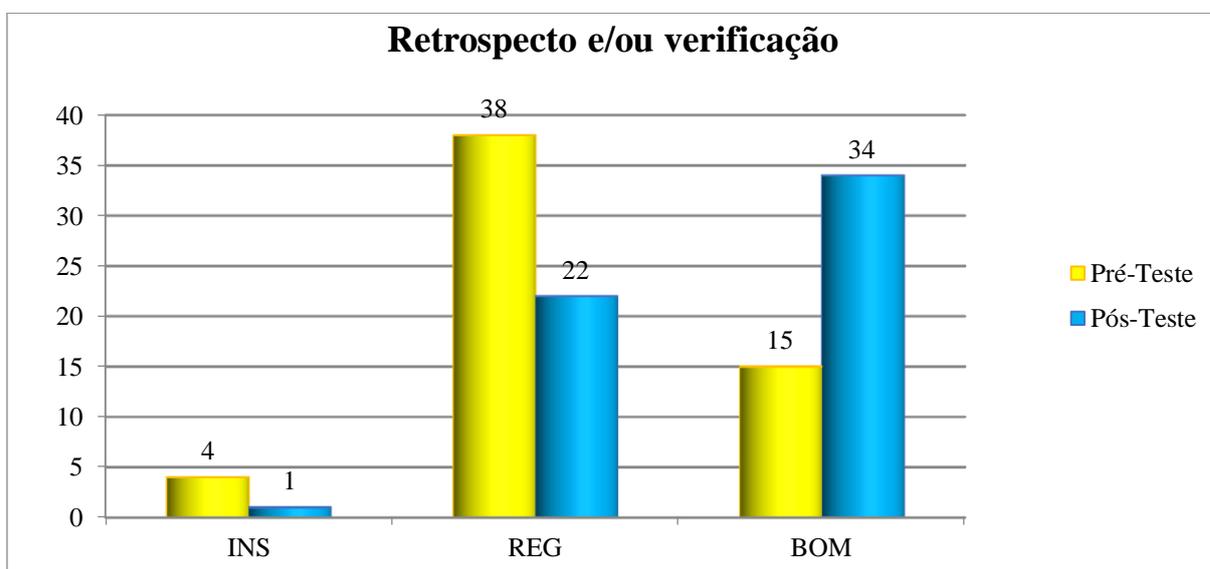
Figura 5.11 Gráfico com a análise comparativa do pré-teste e pós-teste das turmas 201 e 202, relacionado à execução do plano.



- **Etapa 4: Retrospecto e/ou verificação**

Por ultimo realizamos, nas turmas 201 e 202, o comparativo entre pré-teste e pós-teste e verificamos que a simulação de um fenômeno físico em RV proporcionou aos alunos um retrospecto referente ao entendimento do questionamento prévio sobre o pêndulo simples e esse retrospecto alterou o entendimento do aluno quanto ao problema proposto. A figura 5.12 que contém o gráfico desse comparativo irá nos mostrar juntamente que houve um crescimento no conceito BOM e um decréscimo nos conceitos INSUFICIENTE e REGULAR, quanto ao retrospecto e/ou verificação.

Figura 5.12 Gráfico com a análise comparativa do pré-teste e pós-teste das turmas 201 e 202, relacionado ao retrospecto e/ou verificação.



Assim sendo, podemos concluir que o uso pedagógico de simulações em RV construídas neste trabalho em sala de aula disponibilizou ao professor uma ferramenta extra, capaz de despertar nos alunos uma maior curiosidade à cerca do movimento pendular simples. Entretanto verificamos que alguns professores colocam distâncias e/ou dificuldades em trabalhar com tal recurso, apesar de concordarem que a utilização de ferramentas alternativas, como por exemplo, as simulações em RV, são de grande importância para proporcionar um entendimento com relação a um fenômeno físico.

Ao analisar os dados podemos verificar que nas turmas onde foi aplicado o produto educacional ocorreu uma melhora quanto à compreensão do problema e na etapa do retrospecto relacionada ao fenômeno físico do pêndulo simples, ou seja, infere-se que

melhorou a habilidade dos discentes e enxergar o que realmente estava acontecendo no fenômeno.

Pode-se verificar ainda que, como por exemplo, nas turmas 201 e 202 da escola onde aplicamos o produto educacional, a RV favorece a construção de um melhor entendimento acerca dos fenômenos físicos, em que de uma forma cooperativa professor e alunos interagem com o problema proposto em tempo real, proporcionando um processo dinâmico através do manuseio da situação através de uma simulação em RV.

6 CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Nossa proposta de trabalho foi de construir uma interface em RV, que apoiada em uma teoria de aprendizagem, servisse como suporte às aulas de Física do Ensino Médio, em especial ao estudo do movimento do pêndulo simples. Após todos os passos propostos concluídos chegamos à interface em RV que servirá de suporte para professores e alunos, ajudando-os a visualizarem de uma forma aproximada o que de fato ocorre em um movimento pendular.

O primeiro obstáculo a ser transposto foi o de mostrar para discentes e docentes que a RV é uma aliada importante em cenários educacionais e é uma ferramenta que pode ser utilizada como auxílio às aulas de Física, pois traz consigo uma gama de condições que proporcionam um melhor entendimento de um fenômeno físico através, principalmente, da visualização e do manuseio desse fenômeno por meio de um computador. Esse obstáculo foi transposto com sucesso, uma vez que a simulação foi aceita e utilizada, contribuindo para um melhor entendimento do estudo do pêndulo simples.

Para que pudéssemos elaborar o produto educacional, precisávamos estar apoiados em uma teoria da aprendizagem que nos desse suporte técnico e teórico. Nesse contexto, optamos por nos embasar nos estudos de Pozo e Polya os quais propuseram uma teoria para resolução de problemas. Quando fizemos a coleta de dados, correspondente à validação do produto, observou-se que esta teoria pedagógica pode ser utilizada como uma ferramenta de suporte metodológico de maneira promissora.

Vislumbrado a aplicação em RV e a sua aplicabilidade no contexto educacional, buscamos ferramentas de desenvolvimento que fossem práticas, acessíveis, de fácil manuseio e, principalmente, que atendesse os pré-requisitos determinados para aplicação computacional. Entre as ferramentas tecnológicas disponíveis encontramos o Python, o qual se mostrou prático e acessível para construir a proposta deste trabalho.

Após essas etapas vencidas e com o produto em mãos partimos para a aplicação em sala de aula, visando analisar as contribuições que poderiam advir. Os resultados dessa avaliação foram satisfatórios, mostrando um aumento relativamente promissor quanto ao interesse dos alunos em interagir com o fenômeno físico, a partir do momento que a simulação foi utilizada. Tal fato pode indicar que os alunos estenderam as suas interpretações, visualizando além das fórmulas e dos cálculos matemáticos do fenômeno.

Quando focamos o nosso projeto em uma ferramenta que auxiliasse estudantes e professores a visualizar um fenômeno físico por meio de uma interface em RV e embasado em uma teoria que tenha como atividade solucionar problemas por meio de etapas, verificamos que discentes e docentes adotaram uma postura de maior curiosidade e interesse pela aula. Dessa forma, podemos inferir que a utilização de RV em sala de aula é uma estratégia de incentivo e auxílio nas aulas de Física, proporcionando aos estudantes e professores, maneiras plausíveis de visualizar e interagir com um fenômeno físico, o qual deve ocorrer preferivelmente embasado em teorias de ensino e aprendizagem concisas.

De posse da experiência do desenvolvimento e validação do produto educacional, destacamos como trabalhos futuros desta aplicação:

- A confecção de interfaces em RV que simule outros fenômenos físicos além do qual foi abordado por este trabalho;
- Uma avaliação do protótipo em RV em um período mais longo, buscando verificar de maneira mais profunda questões sobre metodologias de ensino e aprendizagem;
- Validação da aplicação com uma amostra maior e mais representativa;
- Disponibilização da aplicação via Web, visando maior alcance do produto;
- Programar a aplicação em um contexto multiusuário, buscando criar um cenário que permita a aprendizagem cooperativa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA A. B.; CARDOSO A.; LAMOUNIER E. **Usando Técnicas de RV Para Estudo das Usinas Hidrelétricas**. Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

AQUINO K. S., SILVA W. A., LAMOUNIER E. A., RIBEIRO M. W e NADABE A. C. **Uma ferramenta para o auxílio ao ensino da astronomia para alunos do ensino fundamental utilizando a Realidade Virtual como tecnologia de apoio**. Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara, Faculdade Atual da Amazônia e Universidade Federal de Uberlândia, 2010

AUKSTAKALNIS , S. e BLATNER, D. *Silicon mirage: the art and science of virtual reality*, Berkeley, CA, 1992.

BALANSKAT, A.; BLAMIRE, R.; KEFALA, S. **A review of studies of ICT impacto on schools in European School net**. 2006.

BORGES. L. **Python para desenvolvedores 2ª Ed** – Rio de janeiro, Edição do autor. 2010.

BRAGA. M. **Realidade Virtual e Educação** – Revista Biologia e Ciência da Terra. 2001.

BRYSON, S. **Virtual reality in scientific visualization**, *Communications of the ACM*,, vol. 39, n. 5, 1996.

HALLIDAY D., RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física, volume 2: Gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro; Ed. LTC, 2012.

HANCOCK, D. Viewpoint: virtual reality in search of middle ground, *IEEE Spectrum*, 1995.

HAND, C. Other faces of virtual reality, *First International Conference MHVR'94 - Lecture Notes in Computer Science n.1077*, Ed. Springer, Moscow, Russia, Setembro, 1994.

JAMSA, K. **VRML Biblioteca do programador** – Makron Books. 1999.

JONNYPXO, Disponível em: <<http://jonnypxo.blogspot.com.br/2012/01/aula-02.html>>. Acesso em: 14 de set. de 2017.

KIRNER, C. *Apostila do ciclo de palestras de RV*, Atividade do Projeto AVVIC- CNPq (Protem - CC - fase III) - DC/UFSCar, São Carlos, Outubro, 1996.

LATTA, J. N.; OBERG, D. J. **A conceptual virtual reality model**, **IEEE Computer Graphics & Applications**, Janeiro, 1994.

LESTON, J. Virtual reality: the it perspective, *Computer Bulletin*, Junho, 1996.

LÉVY, P. **O Que é Virtual?** Rio de Janeiro: Editora 34, 1996.

MORENO, Ana Carolina. Brasil cai em ranking mundial de educação em ciências, leitura e matemática. g1.com, São Paulo, 06 de dez. de 2016. Disponível em: <<https://g1.globo.com/educacao/noticia/brasil-cai-em-ranking-mundial-de-educacao-em-ciencias-leitura-e-matematica.ghtml>>. Acesso em: 18 de ago. de 2019.

MULTITEC, Disponível em: <<https://multitec7.wordpress.com/2010/06/06/realidade-virtual/>>. Acesso em: 29 de junho de 2018.

NELSON, R.A. e OLSSON, M.G. *Am. J. Phys*, 1986.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica: Fluidos – Oscilações e Ondas – Calor**. 4ª Ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2002

OROFINO, M. I. *Mídias e mediações escolar*: pedagogia dos meios, participação e visibilidade. São Paulo: Cortez, 2005.

OSBORNE, J.; HENNESSY, S. **Literature Review in Science Education and the Role of ICT**: Promise, Problems and Future Directions. Bristol: Nest Future Lab, 2003.

PHET, Disponível em: < https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/pendulum-lab>. Acesso em: 20 de agosto de 2019.

PIASSI, P. C. Que Física ensinar no 2 Grau? Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade Física). Instituto de Física e faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1995.

PIMENTEL, K.; TEIXEIRA, K. **Virtual reality** – through the new looking glass. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1995.

POLYA G. **A arte de resolver problemas**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006.

POZO, J.I. **Teorias Cognitivas da Aprendizagem**, São Paulo-SP. Ed: Artes Médicas; 1998.

POZO, J.I. **A sociedade da aprendizagem e o desafio de converter informação em conhecimento**. In: Tecnologias na Educação: ensinando e aprendendo com as TIC: guia do cursista / Maria Umbelina Caiafa Salgado, Ana Lúcia Amaral. –Brasília; Ministério da Educação, Secretária de Educação à Distância; 2008.

RIBEIRO, N.; ZORZAL, E. **RV e Aumentada: Aplicações e tendências**. Uberlândia-MG. Ed: SBC, 2011.

SANTOS, A. L.; LUIA, J.; SILVA, P. G. **Formação e Práticas Pedagógicas – Múltiplos Olhares no Ensino das Ciências**. Recife: Ed. Bargaço, 2008.

SANTOS, J. V. **A escrita e as TIC em crianças com dificuldade de aprendizagem: Um ponto de encontro**. Setembro, 2006.

SANTOS, R. TIC's uma tendência no ensino da matemática, 2013. Disponível em <http://meuartigo.brasilecola.uol.com.br/educação>. Acesso em 22/06/2016.

SILVA, L. F. **Ambientes distribuídos em Realidade Virtual como suporte à aprendizagem cooperativa para resolução de problemas**. Agosto, 2009.

SOUZA, Nelson Lima. Segunda Lei de Newton. globo.com. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/mecanica/segunda-lei-de-newton.html>>. Acesso em 18 de out de 2017.

TIPLER P. A. e MOSCA G. **Física para cientistas e engenheiros volume 1: Mecânica, Oscilações Ondas, Termodinâmica**. 6ª Edição; Rio de Janeiro; Ed. LTC, 2006.

TORI R., KIRNER C. e SISCOOTTO R. **Fundamentos e Tecnologias de RV e Aumentada**. VIII Symposium on Virtual Reality. Belém, Maio de 2006.

VALENTE, J.A. **Aspectos críticos das tecnologias nos ambientes educacionais e nas escolas**. Educação e Cultura Contemporânea, 2005.

8 ANEXOS

- Anexo A: Códigos da simulação

```
from visual import* #Biblioteca VPython (figuras geométricas)
from visual.graph import* #Biblioteca para plotar gráficos
import wx #Biblioteca para construção de botões e controles
```

```
# Constantes Física:
```

```
m = 0.2 # massa do Pêndulo
```

```
l = 1.0 # comprimento do Pêndulo
```

```
a = 0.0 # amortecimento / coeficiente de atrito
```

```
g = 1.0 # aceleração gravitacional
```

```
# Equação diferencial para 2ª derivada de theta:
```

```
def PENDULO(theta,theta0,t):
```

```
    PENDULO = -g/l*sin(theta)-a*theta0 # Equação diferencial
```

```
    return PENDULO
```

```
def PLAY(evt): # Iniciar simulação.
```

```
    global dt
```

```
    dt = 0.01
```

```
def PAUSE(evt): # Pausar simulação.
```

```
    global dt
```

```
    dt = 0.0
```

```
def amortecimento_ON(evt): # Com atrito/amortecimento.
```

```
    global a
```

```
    a = 0.05
```

```
def amortecimento_OFF(evt): # Sem atrito/amortecimento.
```

```
    global a
```

```
    a = 0.0
```

```
def resetar(evt): # reseta a simulação.
```

```
    global l
```

```
    global theta
```

```
    global g
```

```
    l = 1.0
```

```
    theta = 0.0
```

```
    g = 1.0
```

```
    esfera.radius = 0.2
```

```
def massa_esfera(value): # Massa da esfera.
```

```
    esfera.radius = (massa.GetValue())*0.2
```

```

def comprimento_corda(value): # Comprimento da corda
    global l
    l = (comprimento.GetValue())

def theta_inicial (value): # Ângulo inicial.
    global theta
    theta = (amplitude.GetValue())*0.01745329

def aceleracao_gravidade (value): # Ângulo inicial.
    global g
    g = (gravidade.GetValue())

# Inicialização:
t = 0.0 # tempo
tmax = 50.0 # tempo máximo da simulação
dt = 0.0 # velocidade da simulação
theta = 0 # ângulo inicial
theta0 = 0.0

# posição da tela: Pêndulo
janela = window(width = 1400, height = 800,background = (0,0,0), menus = True, title =
'Otavio Rodrigues')

# Janela dos Controles:
controle = janela.panel

# Botões:
Play = wx.Button(controle, label='PLAY', pos=(50, 570))
Play.Bind(wx.EVT_BUTTON, PLAY)

Pause = wx.Button(controle, label='PAUSE', pos=(200, 570))
Pause.Bind(wx.EVT_BUTTON, PAUSE)

amortecimento_on = wx.Button(controle, label='ATRITO ON', pos=(350, 570))
amortecimento_on.Bind(wx.EVT_BUTTON, amortecimento_ON)

amortecimento_off = wx.Button(controle, label='ATRITO OFF', pos=(500, 570))
amortecimento_off.Bind(wx.EVT_BUTTON, amortecimento_OFF)

reset = wx.Button(controle, label='RESET', pos=(650, 570))
reset.Bind(wx.EVT_BUTTON, resetar)

# Slider:
massa = wx.Slider(controle, pos=(10, 630), size=(300,20), value = 1, minValue=1,
maxValue=5, style = wx.SL_LABELS)
massa.Bind(wx.EVT_SLIDER, massa_esfera)
wx.StaticText(controle, pos=(40, 620), label='Massa da esfera')

comprimento = wx.Slider(controle, pos=(350, 630), size=(300,20),value = 1, minValue=1,
maxValue=10, style = wx.SL_LABELS)

```

```
comprimento.Bind(wx.EVT_SLIDER, comprimento_corda)
wx.StaticText(controle, pos=(380, 620), label='Comprimento da corda')
```

```
amplitude = wx.Slider(controle, pos=(690, 630), size=(300,20),value = 0, minValue=-90,
maxValue=90, style = wx.SL_LABELS)
amplitude.Bind(wx.EVT_SLIDER, theta_inicial)
wx.StaticText(controle, pos=(720, 620), label='Amplitude')
```

```
gravidade = wx.Slider(controle, pos=(1030, 630), size=(300,20),value = 1, minValue=1,
maxValue=10, style = wx.SL_LABELS)
gravidade.Bind(wx.EVT_SLIDER, aceleracao_gravidade)
wx.StaticText(controle, pos=(1050, 620), label='Gravidade')
```

```
tela = display(window=janela, x=0, y=0, width=800, height=600,range=12, background =
color.white)
```

```
# Visual do Pêndulo:
```

```
pendulo = frame (pos = (0,6,0))
esfera = sphere (frame = pendulo, pos = (1*sin(theta), -1*cos(theta),0), radius = m, color =
color.blue)
corda = cylinder (frame = pendulo, pos = (0,0,0), axis = esfera.pos, radius = 0.03)
haste = cylinder (frame = pendulo, pos =(0,-12,-1.5),axis=vector(0,1,0), length = 12.2, radius
= 0.2 , material = materials.wood)
pitoco = cylinder (frame = pendulo, pos = (0,0,0.1), axis = (0,0,-1.7), radius = 0.1)
polia = cylinder (frame = pendulo, pos = (0,0,0.1), axis = (0,0,-0.2), radius = 0.15,
color=color.red)
base = box (frame = pendulo, pos =(0,-12,-1), length = 4, height = 0.25, width = 4, material =
materials.wood)
rastros = sphere(frame = pendulo, pos=esfera.pos, color=color.yellow,radius=0.001,
make_trail=True,interval=2, retain=100)
```

```
# Gráfico 1:
```

```
gdisplay(window=janela, x = 801, y=0, width=550, height=299,xtitle='Tempo', ytitle='Theta',
foreground=color.black, background=color.white)
theta_tempo = gcurve (color = color.blue)
```

```
#Gráfico 2:
```

```
gdisplay(window=janela, x = 801, y=301, width=550, height=299,xtitle='Theta',
ytitle='Theta0', foreground=color.black, background=color.white)
theta0_theta = gcurve (color = color.red)
```

```
#while t < tmax: # Para tempo máximo de simulação definido anteriormente.
```

```
while True: # Para tempo máximo de simulação, infinito.
```

```
rate (100)
```

```
theta0 = theta0+PENDULO(theta, theta0, t)*dt
```

```
theta = theta+theta0*dt
```

```
t = t+dt
```

```
esfera.pos = (1*sin(theta), -1*cos(theta),0)
```

```
corda.axis = esfera.pos
```

```
theta_tempo.plot (pos = (t, theta)) # Gráfico Theta x tempo.  
theta0_theta.plot (pos = (theta, theta0)) # Gráfico Theta0 x theta.
```

```
rastro.pos = esfera.pos # Chamada do rastro.
```

• Anexo B: Questionário



Ministério da Educação
Universidade Federal de Roraima



Mestrado Nacional profissional em Ensino de Física
APLICAÇÃO DE PRODUTO EDUCACIONAL

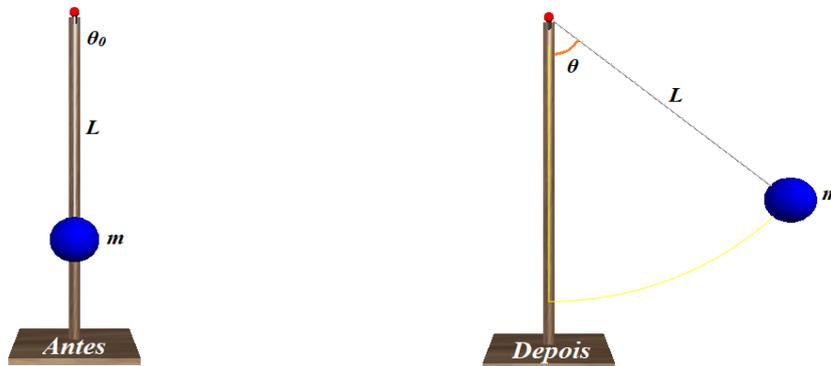
Local: _____

Data: ____/03/2018

Aluno (a): _____

Turma: _____

Uma partícula de massa = m está presa na extremidade de um fio inextensível de comprimento = L , formando um pêndulo simples como descrito na figura abaixo. A partícula está em repouso com a vertical (θ_0), em seguida é solta, à partir de uma amplitude = θ . Considere que a aceleração local da gravidade = g , determine o valor de período de oscilação da partícula.

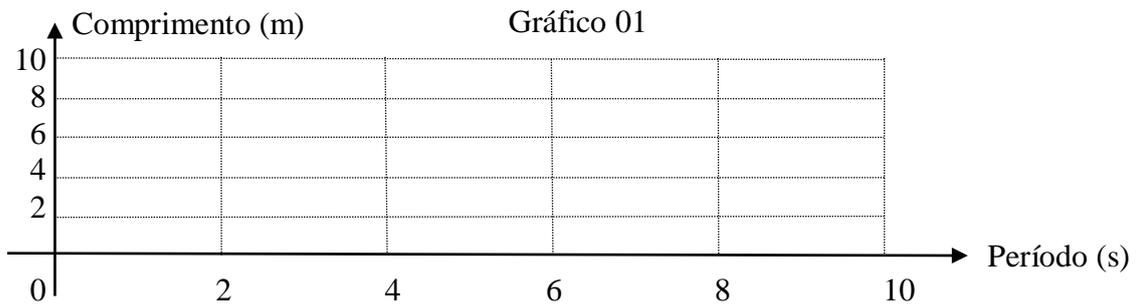


O QUE ACONTECE COM O PERÍODO DE OSCILAÇÃO DO PÊNDULO SE:

1º - Diminuirmos ou aumentarmos o comprimento l (segundo a tabela 01)?

TABELA 01				
Comprimento (m)	Ângulo (°)	Massa (kg)	Gravidade (m/s ²)	Período (s)
2	10	5	10	
4	10	5	10	
6	10	5	10	
8	10	5	10	
10	10	5	10	

Com os dados obtidos na tabela 01, coloque-os no gráfico 01 para análise.



Com base na questão 1 responda:

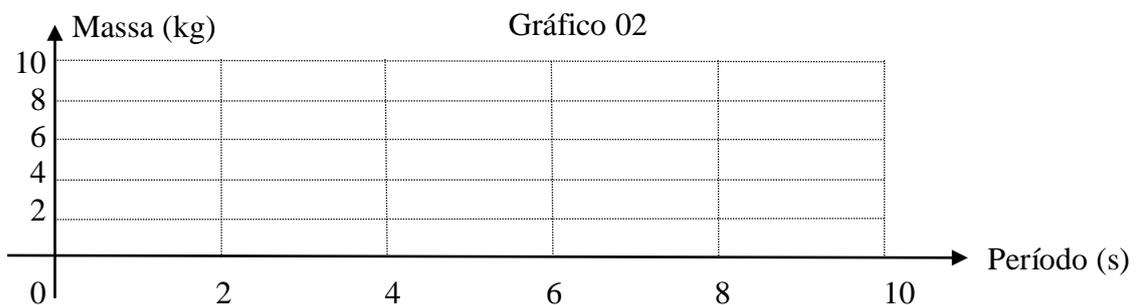
Com a alteração no comprimento l da corda, o que houve com o período do pêndulo?

- a) () O período do pêndulo permaneceu inalterado.
- b) () Houve alteração no período do pêndulo.
- c) () Não sabe informar.

2º - Aumentarmos a massa m do pêndulo (segundo a tabela 02)?

TABELA 02				
Comprimento (m)	Ângulo (°)	Massa (kg)	Gravidade (m/s^2)	Período (s)
5	10	2	10	
5	10	4	10	
5	10	6	10	
5	10	8	10	
5	10	10	10	

Com os dados obtidos na tabela 02, coloque-os no gráfico 02 para análise.



Com base na questão 2 responda:

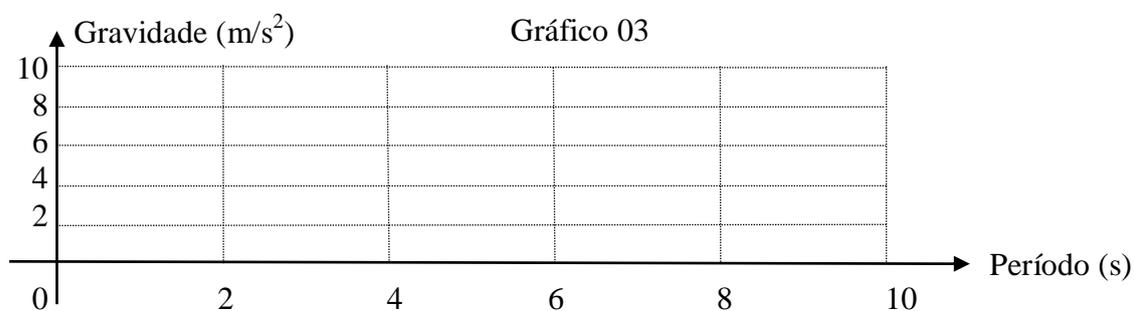
Com a alteração na massa m do pêndulo, o que houve com o período do pêndulo?

- a) () O período do pêndulo permaneceu inalterado.
- b) () Houve alteração no período do pêndulo.
- c) () Não sabe informar.

3° - Levamos o pêndulo para um local onde a aceleração da gravidade g seja diferente da aceleração gravitacional da Terra?

TABELA 03				
Comprimento (m)	Ângulo (°)	Massa (kg)	Gravidade (m/s^2)	Período (s)
5	10	5	2	
5	10	5	4	
5	10	5	6	
5	10	5	8	
5	10	5	10	

Com os dados obtidos na tabela 03, coloque-os no gráfico 03 para análise.



Com base na questão 3 responda:

Com a alteração na gravidade g , o que houve com o período do pêndulo?

- a) () O período do pêndulo permaneceu inalterado.
- b) () Houve alteração no período do pêndulo.
- c) () Não sabe informar.

- **Anexo C: Termos de consentimento**



Ministério da Educação
Universidade Federal de Roraima
Mestrado Nacional profissional em Ensino de Física
APLICAÇÃO DE PRODUTO EDUCACIONAL



TERMO DE CONSENTIMENTO

Senhor (a) sou o professor Luiz Otavio Ribeiro Rodrigues, residente e domiciliado na cidade de Boa Vista – RR. Atualmente, sou professor de Ciências Naturais e Ensino de Física da Rede Estadual de Ensino do Estado de Roraima, sou aluno da Universidade Federal de Roraima – UFRR, curando o Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF. Para a conclusão do curso é necessário desenvolver uma Dissertação que tenha como vertentes estratégias pedagógicas que venham oferecer melhorias ao processo de ensino aprendizagem no Ensino de Física. Utilizando de uma simulação em Realidade Virtual do s movimentos oscilatórios (pêndulo Simples), construído numa plataforma livre chamada Python, voltado ao Ensino da Física.

Informo ainda que durante o horário de aplicação do produto educacional você estará sobre a minha responsabilidade e, para elaborar a pesquisa necessito de seu consentimento.

() Autorizo a participação na aplicação do produto.

() Não autorizo a participação na aplicação do produto.

CPF: _____-_____

RG: _____

Série/Turma: _____

Telefone: (95) _____

Nome do aluno (a)

Boa Vista – RR, _____ de março de 2018.



Ministério da Educação
Universidade Federal de Roraima
Mestrado Nacional profissional em Ensino de Física
APLICAÇÃO DE PRODUTO EDUCACIONAL



TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

Eu, _____, portador
(a) da Cédula de Identidade RG nº _____, inscrito no
CPF/MF sob o nº _____, residente e domiciliado (a) à Rua
_____, nº _____, na
cidade de Boa Vista – RR, **AUTORIZO () NÃO AUTORIZO ()** o uso de minha imagem
em todo e qualquer material entre fotos e documentos, para ser utilizada na Dissertação: **O
uso da Realidade Virtual como auxílio à resolução de problemas de movimentos
oscilatórios – Pêndulo Simples**. Sejam essas destinadas à divulgação ao público em geral
e/ou apenas para defesa da dissertação.

A presente autorização é concedida título gratuito, abrangendo o uso da imagem acima
mencionada em todo território nacional e no exterior, sob qualquer forma e meios.

Por esta ser a expressão da minha vontade declaro que autorizo o uso acima descrito da minha
imagem, sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à imagem ou a
qualquer outro, e assino a presente autorização.

Nome do aluno (a)

Boa Vista – RR, _____ de março de 2018.

• Anexo D: Planilhas de dados

Nº		ALUNO		Compreensão do problema				Elaboração de um plano				Execução do plano				Retrospecto e/ou verificação			
				Q 1	Q 2	Q 3	Conc.	Q 1	Q 2	Q 3	Conc.	Q 1	Q 2	Q 3	Conc.	Q 1	Q 2	Q 3	Conc.
1	201-01	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM		
2	201-02	1	0	0	INS	1	0	0	INS	0	0	0	INS	1	1	0	REG		
3	201-03	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
4	201-04	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM		
5	201-05	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
6	201-06	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
7	201-07	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
8	201-08	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
9	201-09	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
10	201-10	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
11	201-11	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
12	201-12	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
13	201-13	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
14	201-14	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
15	201-15	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM		
16	201-16	0	1	0	INS	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
17	201-17	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM		
18	201-18																		
19	201-19	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
20	201-20	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
21	201-21	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
22	201-22	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM		
23	201-23	0	1	0	INS	0	1	0	INS	0	1	0	INS	0	1	0	INS		
24	201-24	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM		
25	201-25	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
26	201-26	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM		
27	201-27																		
28	201-28	1	0	0	INS	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
29	201-29	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM		
30	201-30	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
31	201-31	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
32	201-32	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG		
33	201-33	1	1	0	REG	1	1	0	BOM	1	1	0	BOM	1	1	0	INS		



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL SEM A SIMULAÇÃO - TURMA 202

Nº	ALUNO	Compreensão do problema				Elaboração de um plano				Execução do plano				Retrospecto e/ou verificação			
		Q 1	Q 2	Q 3	Conc.	Q 1	Q 2	Q 3	Conc.	Q 1	Q 2	Q 3	Conc.	Q 1	Q 2	Q 3	Conc.
1	202-01	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
2	202-02	1	0	0	INS	1	0	0	INS	0	0	0	INS	1	1	0	REG
3	202-03	0	0	0	INS	0	0	0	INS	0	0	0	INS	0	0	0	INS
4	202-04	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
5	202-05	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
6	202-06	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
7	202-07	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
8	202-08																
9	202-09	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
10	202-10	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
11	202-11	1	0	1	REG	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	0	REG
12	202-12	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
13	202-13																
14	202-14	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
15	202-15	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	0	REG
16	202-16	0	1	0	INS	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
17	202-17	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
18	202-18	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
19	202-19	1	1	0	REG	1	0	0	INS	1	0	0	INS	1	1	0	REG
20	202-20																
21	202-21	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
22	202-22	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
23	202-23	0	1	0	INS	0	1	0	INS	0	1	0	INS	0	1	0	INS
24	202-24	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
25	202-25	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
26	202-26	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
27	202-27	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
28	202-28	1	0	0	INS	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	0	REG
29	202-29	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
30	202-30																
31	202-31	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
32	202-32	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
33																	



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL COM A SIMULAÇÃO - TURMA 201																	
Nº	ALUNO	Compreensão do problema				Elaboração de um plano				Execução do plano				Retrospecto e/ou verificação			
		Q 1	Q 2	Q 3	Conc.	Q 1	Q 2	Q 3	Conc.	Q 1	Q 2	Q 3	Conc.	Q 1	Q 2	Q 3	Conc.
1	201-01	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
2	201-02	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
3	201-03	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG
4	201-04	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
5	201-05	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	REG
6	201-06	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG
7	201-07	1	1	1	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	REG
8	201-08	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
9	201-09	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
10	201-10	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
11	201-11	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
12	201-12	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
13	201-13	1	1	1	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	0	1	REG
14	201-14	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
15	201-15	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
16	201-16	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
17	201-17	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
18	201-18	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG
19	201-19	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
20	201-20	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
21	201-21	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
22	201-22	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
23	201-23	0	1	0	INS	0	1	0	INS	0	1	0	INS	1	1	0	REG
24	201-24	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
25	201-25	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
26	201-26	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
27	201-27	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
28	201-28	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	0	REG
29	201-29	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
30	201-30	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
31	201-31	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
32	201-32	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
33	201-33	1	1	0	REG	1	1	0	BOM	1	1	0	BOM	1	1	0	INS



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL COM A SIMULAÇÃO - TURMA 202																	
Nº	ALUNO	Compreensão do problema				Elaboração de um plano				Execução do plano				Retrospecto e/ou verificação			
		Q 1	Q 2	Q 3	Conc.	Q 1	Q 2	Q 3	Conc.	Q 1	Q 2	Q 3	Conc.	Q 1	Q 2	Q 3	Conc.
1	202-01	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG
2	202-02	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	0	BOM
3	202-03	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
4	202-04																
5	202-05	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
6	202-06	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG
7	202-07	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
8	202-08																
9	202-09	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
10	202-10	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
11	202-11	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
12	202-12	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
13	202-13	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	0	1	REG
14	202-14	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
15	202-15	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
16	202-16	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
17	202-17	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
18	202-18	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG
19	202-19	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
20	202-20																
21	202-21	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
22	202-22	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
23	202-23	0	1	0	INS	0	1	0	INS	0	1	0	INS	1	1	0	REG
24	202-24	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
25	202-25	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	0	REG
26	202-26	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
27	202-27	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
28	202-28	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	0	REG
29	202-29	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM	1	1	1	BOM
30	202-30																
31	202-31	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
32	202-32	1	1	0	REG	1	1	1	BOM	1	1	0	REG	1	1	1	BOM
33																	

LUIZ OTAVIO RIBEIRO RODRIGUES

**O USO DA REALIDADE VIRTUAL
COMO AUXÍLIO À RESOLUÇÃO
DE PROBLEMAS DE
MOVIMENTOS OSCILATÓRIOS**



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

O USO DA REALIDADE VIRTUAL COMO AUXÍLIO À
RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE MOVIMENTOS
OSCILATÓRIOS

Material produzido durante o Curso de Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física

Orientação: Prof. Dr. Luciano Ferreira Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Pacobahyba

Boa Vista - RR

2019

Apresentação

O objetivo deste projeto surgiu em decorrência da dificuldade enfrentada, pelos docentes, em sala de aula para mostrar de maneira mais real possível os fenômenos físicos. De posse desse propósito, decidimos propor e validar uma simulação em Realidade Virtual (RV) de movimentos oscilatórios visando auxiliar a resolução de problemas no ensino médio.

O primeiro passo dessa pesquisa foi estudar sobre teorias pedagógicas relacionadas a resoluções de problemas que fomentassem de maneira sólida o projeto e em seguida, pesquisar sobre ferramentas de desenvolvimento de ambientes em RV acessível e de fácil manipulação.

Com o embasamento teórico consolidado e o software definido, selecionamos o ramo e a ramificação do fenômeno físico no qual desenvolvemos a simulação virtual, a qual visa ser utilizada nas aulas de física do ensino médio.

O produto final foi avaliado e apresenta indícios de ser uma ferramenta que auxilia professores e alunos no que tange a visualização e entendimento de um fenômeno físico, tendo estes ainda a oportunidade de interagir com o fenômeno.

Prof. Otavio Rodrigues

Sumário

1	Introdução	6
2	O uso das tecnologias na educação - TIC's	7
3	A Realidade Virtual – RV	8
4	A Física – Pêndulo simples	10
5	Teoria pedagógica – Resolução de problemas	13
6	O software - Python	15
6.1	Requisitos do Sistema	15
7	A interface - Simulação	16
7.1	Janela do Pêndulo	17
7.2	Janela dos gráficos	18
7.3	Botões e Controles deslizantes	19
8	A metodologia de uso da simulação em sala de aula – Um exemplo	20
8.1	Aula 01: Duração de 1 hora	20
8.2	Aula 02: Duração 1 hora	21
8.3	Aula 03: Duração 1 hora	22
8.4	Metodologia de avaliação	23
9	Conclusão	24
10	Referencial Bibliográfico	25
11	Anexos	26
11.1	Anexo A– Códigos da simulação	26
11.2	Anexo B – Questionário	30

1. Introdução

O ensino por intermédio de tecnologias foi muito questionado no passado em virtude de que as escolas introduziam no currículo o ensino da informática com o pretexto de modernizar, mas sem um objetivo metodológico proposto, o que causava dúvidas em relação a professores e estudantes.

Com o decorrer do tempo verificou-se o potencial dessa ferramenta, que além de promover o contato com o computador poderia ser usada como instrumento de apoio às matérias e conteúdos lecionados.

Dentre as inúmeras tecnologias existentes que podem ser utilizadas no processo de ensino e aprendizagem, podemos destacar a realidade virtual. Trata-se de uma interface que simula um ambiente real e permite aos participantes interagirem com o mesmo, permitindo às pessoas visualizarem, manipularem e interagirem com representações extremamente complexas (LATTA, 1994).

A interface em realidade virtual envolve um controle tridimensional altamente interativo de processos computacionais. O usuário entra no espaço virtual das aplicações e visualiza, manipula e explora os dados da aplicação em tempo real, usando seus sentidos, particularmente os movimentos naturais tridimensionais do corpo. A grande vantagem é que o conhecimento intuitivo do usuário sobre o mundo físico pode ser transportado para o mundo virtual.

2. O uso das tecnologias na educação - TIC's

A educação na contemporaneidade tem por desafios responder aos anseios de uma sociedade que está em constante transformação, necessitando de propostas pedagógicas que insiram o indivíduo nos atuais contextos desafiadores das tecnologias de um mundo dinâmico.

Pozo (POZO, 2008) afirma que para o uso adequado da tecnologia na educação é necessária a capacitação dos profissionais educadores, para que eles possam instruir os alunos de como usar ferramentas para aprendizagem significativa. Para ele o professor deve orientar os alunos sobre o hábito da investigação constante e assim eles adquirirão a capacidade de saber onde consultar uma solução adequada para uma problemática que se faça presente.

Existem várias formas de uso das TIC's nas aulas de Física, como por exemplo: a simulação de movimentos, força, trabalho, energia, leis gerais da mecânica, etc. São situações de alto valor didático que podem ser integradas, entre outras estratégias, com aulas práticas em laboratório.

O uso da tecnologia, em consonância com teorias e metodologias pedagógicas focadas na aprendizagem do aluno, é uma ferramenta de grande valia para o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos.

3. A Realidade Virtual – RV

O termo realidade virtual recebeu no decorrer dos últimos anos inúmeras definições por diferentes estudiosos do assunto, entretanto, todas as definições convergem para um único entendimento, de que a realidade virtual é uma experiência imersiva e interativa baseada em imagens gráficas 3D geradas em tempo real por computação gráfica, ou seja, é uma simulação interativa gerada por computador, de um mundo real ou apenas imaginário.

O termo “realidade virtual” surgiu no início dos anos 80, apresentado por um cientista da computação, Jaron Lanier, precursor da realidade virtual, foi um dos maiores conhecedores da área e um dos primeiros a estudar o tema e construir produtos.

A realidade virtual ultrapassa ou ameniza as barreiras existentes entre a simulação e o usuário que normalmente é provocada pelos softwares operacionais do computador, facilitando assim a interação entre o homem e a máquina em um cenário constituído por modelos tridimensionais, armazenados e geridos por computador usando técnicas de computação gráfica.

Os seus componentes visam permitir que o usuário faça parte de um mundo virtual gerado no computador, utilizando-se de suas vias sensoriais de percepção e controle. Nesse contexto podemos destacar três elementos dos sistemas em RV, são eles:

- **Imersão:** é a percepção e/ou sensação de se estar fisicamente presente em um mundo irreal, ou seja, não físico. Normalmente, essa sensação é construída ao disponibilizar para o usuário um sistema composto por imagens,

sons e inúmeros outros estímulos que agindo em conjunto proporcionam ao usuário a visualização de um ambiente completamente envolvente.

• **Interação:** trata-se das alterações feitas pelo usuário ao sistema composto criado em RV o qual simula um mundo físico obtendo assim respostas em tempo real. Esta ideia está relacionada com a capacidade do sistema em detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual e as ações sobre ele.

Envolvimento: é o comprometimento do usuário com o sistema estímulos de determinada atividade, e que esta interação e/ou relacionamento proporcione motivação para o engajamento ao sistema virtual.

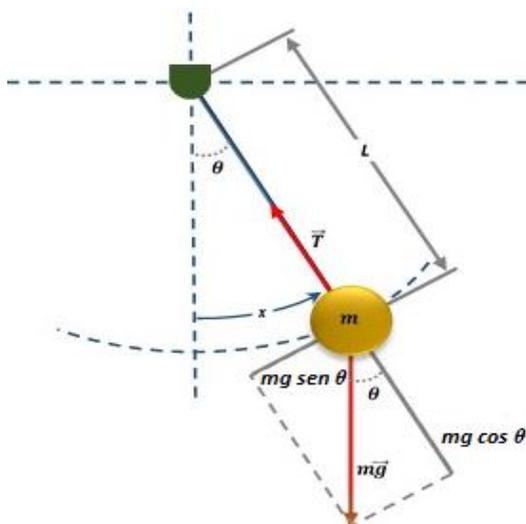
4. A Física – Pêndulo simples

Em Mecânica, um pêndulo simples é um instrumento ou uma montagem que consiste num objeto que oscila em torno de um ponto fixo. O braço executa movimentos alternados em torno da posição central, chamada *posição de equilíbrio*. O pêndulo é muito utilizado em estudos da força peso e do movimento oscilatório.

Segundo Halliday (HALLIDAY, 2011), qualquer corpo rígido montado de forma que possa oscilar em um plano vertical em relação a algum eixo que passa por ele é chamado de pêndulo físico, onde esta é a generalização do pêndulo simples, onde um cabo sem peso sustenta uma única partícula.

A figura 1 ilustra o modelo, onde há duas forças atuando sobre o corpo, a tensão T e peso P .

Figura 1 – Pêndulo simples (decomposição das forças).



Fonte: Adaptado de Tipler (2006, vol.1)

Quando afastamos a massa da posição de repouso e a soltamos, o pêndulo realiza oscilações. Ao desconsiderarmos a resistência do ar, as únicas forças que atuam sobre o pêndulo são a tensão com o fio e o peso da massa m . A componente da força Peso que é dado por $P \cdot \cos\theta$ se anulará com a força de Tensão do fio, sendo assim, a única causa do movimento oscilatório é a $P \cdot \sin\theta$. Como mostrado anteriormente na figura 2.

Pela segunda Lei de Newton temos que:

$$F = m \cdot a \quad (01)$$

Ao decompor as forças radial e tangencial, temos a componente radial que se anula com a tração, dada por:

$$T = m \cdot g \cdot \cos\theta \quad (02)$$

E a componente tangencial, causa do movimento, que é dada por:

$$F_R = m \cdot g \cdot \sin\theta \quad (03)$$

No entanto, o ângulo θ , expresso em radianos que por definição é dado pelo quociente do arco descrito pelo ângulo, que no movimento oscilatório de um pêndulo, segundo a figura 2, é x e o raio de aplicação do mesmo, no caso, dado por L , assim:

$$\theta = \frac{x}{L} \quad (04)$$

Substituindo eq.(04) em eq.(03), temos:

$$F_R = m \cdot g \cdot \sin\frac{x}{L} \quad (05)$$

Assim é possível concluir que o movimento pendular simples não descreve um Movimento Harmônico Simples – MHS, já que a força não é proporcional à elongação e sim ao seno dela.

É importante observar também, que esta força resultante é uma força restauradora. Entretanto, quando o estudo do movimento do pêndulo for restrito a pequenas amplitudes, onde $\theta \geq \frac{\pi}{8} \text{ rad}$, pode-se recorrer a seguinte

aproximação: $\text{sen } \theta \approx \theta$, uma vez que arco da trajetória s é aproximadamente horizontal.

Podemos então representar a força restauradora como:

$$F_R = -m \cdot g \cdot \frac{x}{L} \quad (06)$$

Como $P = m \cdot g$ e m , g e L são constates neste sistema, podemos considerar que:

$$K = \frac{P}{L} = \frac{m \cdot g}{L} \quad (07)$$

Reescrevendo a força restauradora do sistema através da eq. (07) em eq. (06), temos:

$$F_R = K \cdot x \quad (08)$$

Desse modo, a análise de um pêndulo simples nos mostra que, para pequenas oscilações um pêndulo simples descreve um MHS.

Como para qualquer MHS, o período é dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \quad (09)$$

E como, a equação (07), nos mostra que $K = \frac{m \cdot g}{L}$.

Sendo assim, ao substituírmos eq. (07) em eq. (09) temos:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\frac{m \cdot g}{L}}} \quad (10)$$

Chegamos assim à equação do movimento do pêndulo simples para pequenas oscilações que, é dado pela por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (11)$$

Nota-se que o período T das oscilações do pêndulo simples não depende da amplitude das oscilações (desde que elas sejam pequenas), mas apenas do comprimento do pêndulo L .

5. Teoria pedagógica – Resolução de problemas

Pozo (POZO, 1998) define a atividade de resolução de problemas como sendo subjetiva, exigindo motivação e uma postura de investigação e de reflexão constantes. Para tanto, é fundamental planejar situações suficientemente abertas para induzir nos alunos uma busca e apropriação de estratégias adequadas, não somente para darem resposta a perguntas escolares como também às da realidade cotidiana.

Segundo Polya (POLYA, 2006), outra questão que não pode ser desconsiderada pelo professor é o momento da explicação de como se resolve um problema. É preciso deixar claro aos alunos que essa não é uma tarefa fácil. Muitas vezes, o nosso entendimento do problema, quando lemos pela primeira vez é parcial, só vai se completando na medida em que lemos mais atentamente e, dessa forma, nos organizamos em busca da solução. Polya apresenta quatro etapas principais para resolução de problemas, como vemos na figura 2.

Figura 2 – As etapas da resolução de problemas.



Fonte: Do autor

Dessa maneira as quatro etapas de Polya podem ser descritas como:

Compreender o problema: quem vai resolver um problema, primeiramente precisa entender o que se pede, através de uma leitura atenta, ou até mais de uma, interpretando corretamente, para saber o que se pretende calcular. São partes importantes de um problema: a incógnita; os dados fornecidos pelo problema e a condição que deve ser satisfeita relacionando esses dados conforme as condições estabelecidas no enunciado.

Elaboração de um plano: depois de interpretar o problema é preciso escolher uma estratégia de ação, que pode variar muito dependendo da natureza do problema. Pode-se iniciar com o esboço de uma figura geométrica, com um gráfico, uma tabela ou um diagrama; fazer uso de uma fórmula; tentativa e erro sistemático, entre outras.

Executar o plano: se o plano foi bem elaborado, não fica tão difícil resolver o problema, seguindo passo a passo o que foi planejado, efetuando todos os cálculos, executando todas as estratégias, podendo haver maneiras diferentes de resolver o mesmo problema. O importante é que o professor acompanhe todos os passos, questionando o aluno, podendo dar alguma ajuda, mas que o aluno se sinta o idealizador e realizador do plano.

Retrospecto ou verificação: depois de encontrar a solução é hora de verificar se as condições do problema foram satisfeitas, se o resultado encontrado faz sentido. Pode-se questionar também sobre outras maneiras de resolver o mesmo problema, como também a resolução de outros problemas correlatos, usando a mesma estratégia.

6. O software - Python

A linguagem Python além de ser um recurso gratuito, proporciona ao usuário uma sintaxe bastante simples, com a garantia de abrigar características e linguagens de programação modernas e amplamente utilizadas como, por exemplo, o Java e o C++.

6.1 Requisitos do Sistema

Para executar uma simulação construída na linguagem Python, você terá se acessar a página <http://www.python.org/download/> nela você encontrará os links para baixar o Python e o interpretador Vpython adequado para sistema do seu computador. Se o computador possuir um sistema operacional de 64, por exemplo, você terá de fazer os download e instalação dos seguintes recursos, como mostrado na figura 3.

Figura 3 – Software Python e interpolador Vpython.



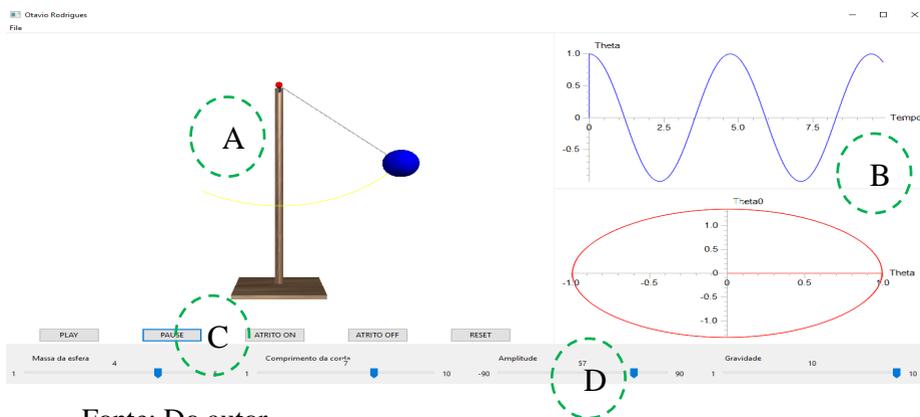
O interpolador você vai precisar se necessitar alterar alguma informação nos códigos da simulação ou criar novas simulações.

7. A interface - Simulação

A proposta de utilizar simulações em RV para mostrar os movimentos oscilatórios do pêndulo simples surgiu da verificação de uma sala de aula muito deteriorada em função da ausência de recursos que aproximassem o aluno do fenômeno estudado, uma vez que os alunos têm dificuldade em assimilar com maior facilidade coisas abstrata e associa-las ao cotidiano.

A simulação foi construída na linguagem Python utilizando como recursos as bibliotecas Vpython, Visual.Graph e WX. E tem como interface a figura a seguir, a qual mostrar a tela inicial da simulação. Como mostrado na figura 4

Figura 4 – Janela com a interface da simulação.



Fonte: Do autor

A interface é composta por quatro partes principais:

- A. Janela onde é exibido o pêndulo;
- B. Janelas dos gráficos;
- C. Botões;
- D. Controles deslizantes.

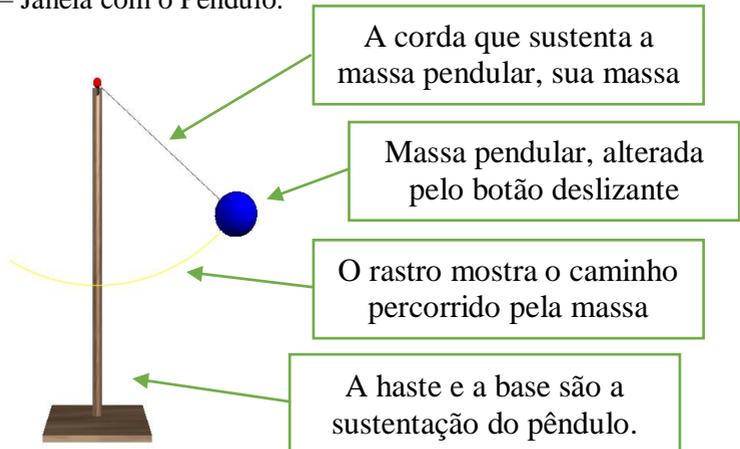
7.1 Janela do Pêndulo

Na janela temos a presença do pêndulo simples que é composto por:

- Uma base quadrada;
- Uma haste na vertical, a qual tem fixada em seu topo a corda que sustenta a massa pendular;
- A corda que pode de aumentada ou diminuída segundo a vontade de quem manuseia a simulação;
- E fixado na outra extremidade da corda, a massa pendular esférica, que pode ter sua massa alterada segundo a vontade de quem a manuseia.

A janela gerada na interface possui ângulos de visualizações diferentes, para isso basta clicar no Pêndulo e move-lo para qual posição desejar, como está sendo mostrada pela figura 5.

Figura 5 – Janela com o Pêndulo.

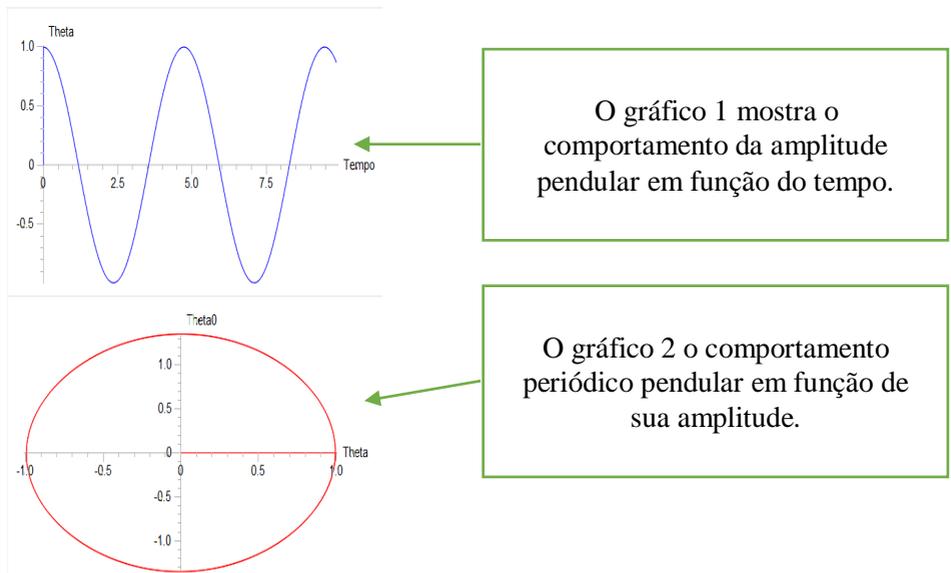


Fonte: Do autor

7.2 Janela dos Gráficos

Na interface temos uma segunda janela situada à direita da janela do pêndulo, onde são plotados os gráficos que geram as informações da movimentação pendular. São dois gráficos sendo que o superior mostra a angulação em função do tempo em uma visão bidimensional e o gráfico inferior mostra o período pendular em função da angulação visto também em um plano bidimensional. Esses gráficos refletem de maneira analítica o comportamento do pêndulo durante a simulação, para um melhor entendimento do fenômeno em estudo. Ambos os gráficos são mostrados na figura 6.

Figura 6 – Janela com os dois gráficos.



O gráfico 1 mostra o comportamento da amplitude pendular em função do tempo.

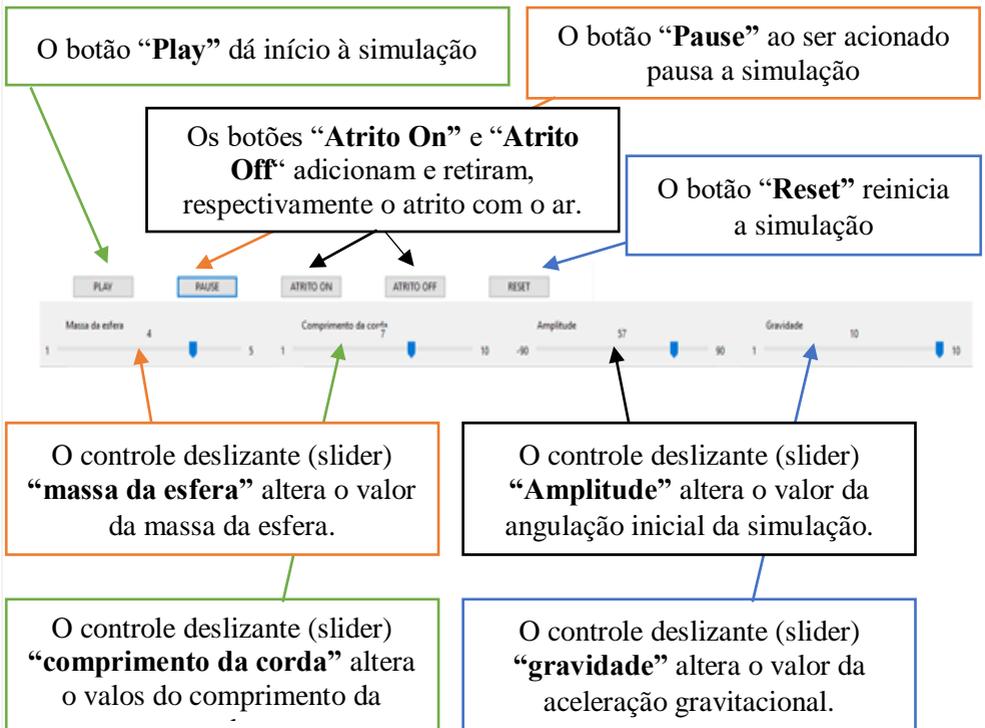
O gráfico 2 o comportamento periódico pendular em função de sua amplitude.

Fonte: Do autor

7.3 Botões e Controles deslizantes

São os botões e controles deslizantes que fazem a interação entre o usuário e a simulação, através deles é determinada a configuração inicial da simulação podendo o usuário alterar quais valores de grandezas como amplitude, massa, comprimento e/ou aceleração, vier a achar conveniente. Pode também pausar simulação assim que achar necessário, bem como inserir ou não o atrito. Dispõem ainda de um botão reset, o qual reinicia a simulação. A figura 7 mostra de forma detalhada qual a função de cada botão e/ou controle deslizante que o usuário pode utilizar para interagir com a simulação.

Figura 7 – Botões e controles deslizantes.



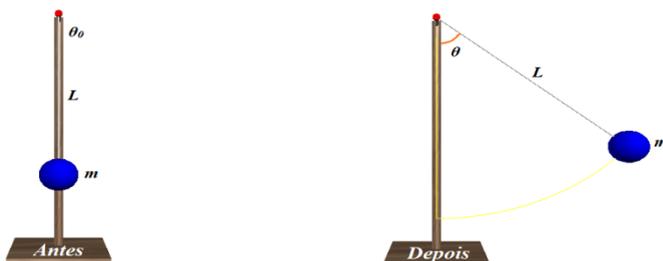
8. A metodologia de uso da simulação em sala de aula – Um exemplo

Nesta seção serão sugeridos momentos, de forma organizada, de como pode ser aplicado o produto educacional (simulação em Python) e coletados dados para analisar o aproveitamento da turma.

A sequência didática proposta consta de três aulas divididas em três momentos, os quais serão apresentados a seguir.

8.1 Aula 01: Duração de 1 hora

Partido da inquietação de que, uma partícula de massa $= m$ está presa na extremidade de um fio inextensível de comprimento $= L$, formando um pêndulo simples como descrito na figura abaixo. Onde a partícula está em repouso com a vertical (θ_0), em seguida é solta, à partir de uma amplitude $= \theta$. Considere que a aceleração local da gravidade $= g$, determinar o valor de período de oscilação dessa partícula.



Sendo que os valores de comprimento L , massa m e aceleração da gravidade g , estão dispostos nas tabelas 01, 02 e 03, respectivamente, presentes na seção (Anexo B) dos anexos.

Com base no questionamento inicial, o professor deverá ministrar uma aula sobre movimentos oscilatórios – Pêndulo simples. Nesse momento não deverá fazer o uso da simulação, todo o procedimento ocorre de modo tradicional, somente usando o quadro e os materiais didáticos dispostos pelos alunos (livros, cadernos).

Para tanto, denominará pêndulo simples uma massa pendular que oscila suspensa por um fio de massa desprezível, capaz de descrever um movimento periódico, quando afastado de sua posição de equilíbrio e largado sob a ação da gravidade. Se o ângulo formado entre a vertical e o fio for pequeno, ou seja, os deslocamentos forem pequenos (pequenas amplitudes), a força restauradora que atua na massa puntiforme será proporcional ao deslocamento e terá sentido oposto.

Nestas condições, o período é independente da amplitude do movimento e da massa pendular m , sendo o mesmo função apenas do comprimento l do fio e da aceleração da gravidade g . Pode-se, então, experimentalmente, calcular o período pendular, a influência da massa m e do comprimento l do fio, bem como a aceleração da gravidade utilizando a simulação de um pêndulo simples.

8.2 Aula 02: Duração de 1 hora

O professor deverá, previamente ter instalado no (s) computador (es) que utilizará os softwares apresentados na seção 6.1 (Figura 3) para que a simulação possa rodar. Apresentar para a turma a simulação do pêndulo simples, sua finalidade e funcionalidade.

Deverá ser ensinado aos alunos como utilizar a simulação de forma correta, com estratégias pré-traçadas, voltadas às etapas de resolução de

problemas segundo Polya. Onde o aluno poderá realizar as seguintes iterações com a simulação:

I. Através dos controles deslizantes, como mostrado na figura 7, alterar valores como massa m , comprimento L , amplitude θ e/ou aceleração da gravidade g .

II. Para dar início a execução da simulação, basta clicar no botão, como mostrado na figura 6, **Play**.

III. Se precisar pausar a simulação para analisar algum dado basta clicar no botão **Pause**.

IV. A qualquer momento e/ou quando se fizer necessário, o usuário poderá inserir ou não o atrito com o ar através dos botões **ON** ou **OFF**.

V. Na janela principal, como mostrado na figura 5, terá a visualização do movimento pendular.

VI. Na janela superior direita, como mostrado na figura 6, aparecem todas as informações através de dois gráficos que geram valores referentes a tempo t , período T e amplitude θ .

Orienta-se, pedir para que os alunos sempre refaça a atividade no mínimo três vezes com valores (de massa, amplitude, aceleração da gravidade e comprimento da corda) diferentes e assim interpretem o que está ocorrendo quando os valores são alterados.

8.3 Aula 03: Duração de 1 hora

Aplicação de um teste, onde os alunos farão uso da simulação, além dos materiais dispostos nas aulas anteriores utilizarão também a realidade virtual como auxílio na resolução dos problemas propostos, seguindo sempre as etapas de resolução de problemas proposta por Polya. O teste a ser aplicado

encontra-se no Anexo B, lembramos que o mesmo poderá ser alterado segundo a necessidade da turma.

8.4 Metodologia de avaliação

O que difere o enfoque superficial do enfoque profundo a respeito do conhecimento é a concepção que o aluno possui sobre o que é aprendizagem, as atividades e a forma com que realiza as atividades. Cada aprendizagem está vinculada a uma série de estratégias específicas. As estratégias metacognitivas permitem a elaboração complexa do pensamento acerca do que está sendo aprendido (POZO, 1996).

Estas estratégias possibilitam planejar, controlar e regular a aprendizagem. O planejamento faz com que o sujeito pense nos conhecimentos organizando-os, ativando os conhecimentos prévios a respeito do mesmo e assim compreenda o que está estudando. Assim sendo, sugere-se por seguir uma metodologia avaliativa, a qual procura analisar a evolução da própria turma frente ao trabalho proposto, não executando comparações de progresso com outras turmas. Com esse processo pode-se observar o aprendizado dos alunos sobre quatro aspectos:

- ✓ Verificar se os alunos conseguem interpretar o que se pede, se materializam a ideia proposta pelo questionamento;
- ✓ Observar qual a estratégia de ação que o aluno traçou para solucionar o problema sobre o comportamento pendular;
- ✓ Avaliar a eficácia do tratamento matemático para o problema, qual ou quais caminhos o aluno traçou (preenchimento das tabelas e gráficos);
- ✓ Analisar se o aluno associa a resolução concluída com o cotidiano, se está concussão satisfaz o questionamento prévio (pergunta conceitual).

9. Conclusão

Assim sendo, podemos concluir que o uso pedagógico de simulações em realidade virtual construídas neste trabalho em sala de aula disponibilizou ao professor uma ferramenta extra para auxiliar o professor nas aulas de Física.

A realidade virtual é uma aliada importante em cenários educacionais e é uma ferramenta que pode ser utilizada como auxílio às aulas de Física, pois traz consigo uma gama de condições que proporcionam um melhor entendimento de um fenômeno físico através, principalmente, da visualização e do manuseio desse fenômeno por meio de um computador.

Não estamos propondo uma ferramenta que vai solucionar todos os todos os entraves vivenciados pelos professores de Física, face às aulas, entretanto, a proposta pode auxiliar na compreensão do problema, por parte dos alunos, e na etapa do retrospecto relacionada ao fenômeno físico do pêndulo simples, ou seja, a simulação tem potencial de habilitar os discentes no que tange a visualização do que estava acontecendo no fenômeno físico.

10. Referencial Bibliográfico

AUKSTAKALNIS , S. e BLATNER, D. *Silicon mirage: the art and science of virtual reality*, Berkeley, CA, 1992.

ASSIS, K. et al. **A articulação entre o ensino de ciências e as tic: desafios e possibilidades para a formação continuada**, Curitiba, 2011.

HANCOCK, D. Viewpoint: virtual reality in search of middle ground, *IEEE Spectrum*, 32(1):68, Janeiro, 1995.

LATTA, J. N.; OBERG, D. J. **A conceptual virtual reality model**, *IEEE Computer Graphics & Applications*, pp. 23-29, Jan., 1994.

LÉVY, P. **O Que é Virtual?** Rio de Janeiro: Editora 34, 1996.

MORAN, J.M. et al. *Novas tecnologias e mediações pedagógicas*. Campinas: Papirus, 2004.

POLYA G. **A arte de resolver problemas**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006.

POZO, J.I. **A sociedade da aprendizagem e o desafio de converter informação em conhecimento**. In: *Tecnologias na Educação: ensinando e aprendendo com as TIC: guia do cursista* / Maria Umbelina Caiafa Salgado, Ana Lúcia Amaral. –Brasília; Ministério da Educação, Secretária de Educação à Distância; 2008. Cap. 1, p. 29.

11. Anexos

11.1 Anexo A– Códigos da simulação

```
from visual import* #Biblioteca VPython (figuras
geométricas)
from visual.graph import* #Biblioteca para plotar
gráficos
import wx #Biblioteca para construção de botões e
controles

# Constantes Física:
m = 0.2 # massa do Pêndulo
l = 1.0 # comprimento do Pêndulo
a = 0.0 # amortecimento / coeficiente de atrito
g = 1.0 # aceleração gravitacional

# Equação diferencial para 2ª derivada de theta:
def PENDULO(theta,theta0,t):
    PENDULO = -g/l*sin(theta)-a*theta0 # Equação
diferencial
    return PENDULO

def PLAY(evt): # Iniciar simulação.
    global dt
    dt = 0.01

def PAUSE(evt): # Pausar simulação.
    global dt
    dt = 0.0

def amortecimento_ON(evt): # Com atrito/amortecimento.
    global a
    a = 0.05

def amortecimento_OFF(evt): # Sem atrito/amortecimento.
    global a
    a = 0.0

def resetar(evt): # reseta a simulação.
    global l
```

```

global theta
global g
l = 1.0
theta = 0.0
g = 1.0
esfera.radius = 0.2

def massa_esfera(value): # Massa da esfera.
    esfera.radius = (massa.GetValue())*0.2

def comprimento_corda(value): # Comprimento da corda
    global l
    l = (comprimento.GetValue())

def theta_inicial (value): # Ângulo inicial.
    global theta
    theta = (amplitude.GetValue())*0.01745329

def aceleracao_gravidade (value): # Ângulo inicial.
    global g
    g = (gravidade.GetValue())

# Inicialização:
t = 0.0 # tempo
tmax = 50.0 # tempo máximo da simulação
dt = 0.0 # velocidade da simulação
theta = 0 # ângulo inicial
theta0 = 0.0

# posição da tela: Pêndulo
janela = window(width = 1400, height = 800, background =
(0,0,0), menus = True, title = 'Otavio Rodrigues')

# Janela dos Controles:
controle = janela.panel

# Botões:
Play = wx.Button(controle, label='PLAY', pos=(50, 570))
Play.Bind(wx.EVT_BUTTON, PLAY)

Pause = wx.Button(controle, label='PAUSE', pos=(200,
570))
Pause.Bind(wx.EVT_BUTTON, PAUSE)

```

```

amortecimento_on = wx.Button(controle, label='ATRITO ON',
pos=(350, 570))
amortecimento_on.Bind(wx.EVT_BUTTON, amortecimento_ON)

amortecimento_off = wx.Button(controle, label='ATRITO
OFF', pos=(500, 570))
amortecimento_off.Bind(wx.EVT_BUTTON, amortecimento_OFF)

reset = wx.Button(controle, label='RESET', pos=(650,
570))
reset.Bind(wx.EVT_BUTTON, resetar)

# Slider:
massa = wx.Slider(controle, pos=(10, 630), size=(300,20),
value = 1, minValue=1, maxValue=5, style = wx.SL_LABELS)
massa.Bind(wx.EVT_SLIDER, massa_esfera)
wx.StaticText(controle, pos=(40, 620), label='Massa da
esfera')

comprimento = wx.Slider(controle, pos=(350, 630),
size=(300,20), value = 1, minValue=1, maxValue=10, style =
wx.SL_LABELS)
comprimento.Bind(wx.EVT_SLIDER, comprimento_corda)
wx.StaticText(controle, pos=(380, 620),
label='Comprimento da corda')

amplitude = wx.Slider(controle, pos=(690, 630),
size=(300,20), value = 0, minValue=-90, maxValue=90, style
= wx.SL_LABELS)
amplitude.Bind(wx.EVT_SLIDER, theta_inicial)
wx.StaticText(controle, pos=(720, 620),
label='Amplitude')

gravidade = wx.Slider(controle, pos=(1030, 630),
size=(300,20), value = 1, minValue=1, maxValue=10, style =
wx.SL_LABELS)
gravidade.Bind(wx.EVT_SLIDER, aceleracao_gravidade)
wx.StaticText(controle, pos=(1050, 620),
label='Gravidade')

tela = display(window=janela, x=0, y=0, width=800,
height=600, range=12, background = color.white)
# Visual do Pêndulo:
pendulo = frame (pos = (0,6,0))

```

```

esfera = sphere (frame = pendulo, pos = (1*sin(theta), -
1*cos(theta),0), radius = m, color = color.blue)
corda = cylinder (frame = pendulo, pos = (0,0,0), axis =
esfera.pos, radius = 0.03)
haste = cylinder (frame = pendulo, pos =(0,-12,-
1.5),axis=vector(0,1,0), length = 12.2, radius = 0.2 ,
material = materials.wood)
pitoco = cylinder (frame = pendulo, pos = (0,0,0.1), axis
= (0,0,-1.7), radius = 0.1)
polia = cylinder (frame = pendulo, pos = (0,0,0.1), axis
= (0,0,-0.2), radius = 0.15, color=color.red)
base = box (frame = pendulo, pos =(0,-12,-1), length = 4,
height = 0.25, width = 4, material = materials.wood)
rastros = sphere(frame = pendulo, pos=esfera.pos,
color=color.yellow,radius=0.001,
make_trail=True,interval=2, retain=100)

```

Gráfico 1:

```

gdisplay(window=janela, x = 801, y=0, width=550,
height=299,xtitle='Tempo', ytitle='Theta',
foreground=color.black, background=color.white)
theta_tempo = gcurve (color = color.blue)

```

#Gráfico 2:

```

gdisplay(window=janela, x = 801, y=301, width=550,
height=299,xtitle='Theta', ytitle='Theta0',
foreground=color.black, background=color.white)
theta0_theta = gcurve (color = color.red)

```

```

while True: # Para tempo máximo de simulação, infinito.
rate (100)

```

```

theta0 = theta0+PENDULO(theta, theta0, t)*dt
theta = theta+theta0*dt
t = t+dt
esfera.pos = (1*sin(theta), -1*cos(theta),0)
corda.axis = esfera.pos

```

```

theta_tempo.plot (pos = (t, theta)) # Gráfico Theta x
tempo.

```

```

theta0_theta.plot (pos = (theta, theta0)) # Gráfico
Theta0 x theta.

```

```

rastros.pos = esfera.pos # Chamada do rastros.

```

11.2 Anexo B – Questionário



Ministério da Educação
Universidade Federal de Roraima
Mestrado Nacional profissional em Ensino de Física



QUESTIONÁRIO – PÊNDBULO SIMPLES

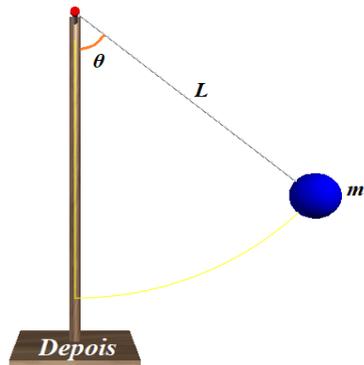
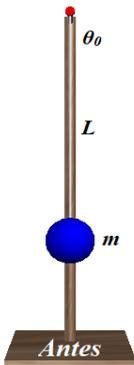
Escola: _____

Data: ___/___/2019

Aluno (a): _____

Turma: _____

Uma partícula de massa = m está presa na extremidade de um fio inextensível de comprimento = L , formando um pêndulo simples como descrito na figura abaixo. A partícula está em repouso com a vertical (θ_0), em seguida é solta, à partir de uma amplitude = θ . Considere que a aceleração local da gravidade = g , determine o valor de período de oscilação da partícula.

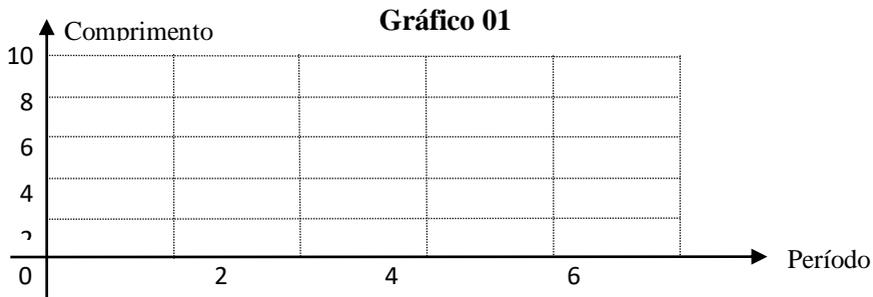


O QUE ACONTECE COM O PERÍODO DE OSCILAÇÃO DO PÊNDBULO SE:

1º - Diminuirmos ou aumentarmos o comprimento l (segundo a tabela 01)?

Comprimento (m)	Ângulo (°)	Massa (kg)	Gravidade (m/s ²)	Período (s)
2	10	5	10	
4	10	5	10	
6	10	5	10	
8	10	5	10	
10	10	5	10	

Com os dados obtidos na tabela 01, coloque-os no gráfico 01 pra análise.



Com base na questão 1 responda:

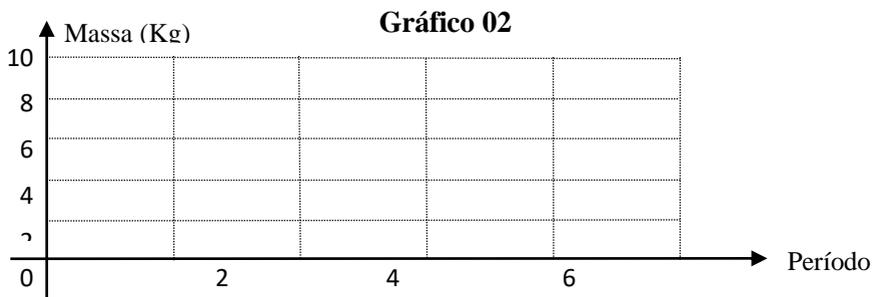
Com a alteração no comprimento l da corda, o que houve com o período do pêndulo?

- a) () O período do pêndulo permaneceu inalterado.
 b) () Houve alteração no período do pêndulo.
 c) () Não sabe informar.

2º - Aumentarmos a massa m do pêndulo (segundo a tabela 02)?

TABELA 02				
Comprimento (m)	Ângulo (°)	Massa (kg)	Gravidade (m/s^2)	Período (s)
5	10	2	10	
5	10	4	10	
5	10	6	10	
5	10	8	10	
5	10	10	10	

Com os dados obtidos na tabela 02, coloque-os no gráfico 02 pra análise.



Com base na questão 2 responda:

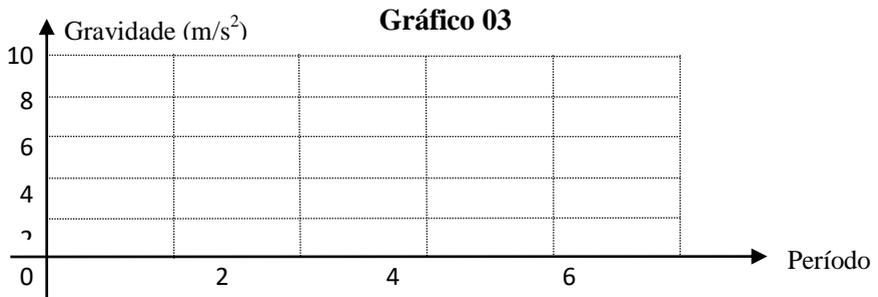
Com a alteração na massa m do pêndulo, o que houve com o período do pêndulo?

- a) () O período do pêndulo permaneceu inalterado.
 b) () Houve alteração no período do pêndulo.
 c) () Não sabe informar.

3° - Levamos o pêndulo para um local onde a aceleração da gravidade g seja diferente da aceleração gravitacional da Terra?

TABELA 03				
Comprimento (m)	Ângulo (°)	Massa (kg)	Gravidade (m/s^2)	Período (s)
5	10	5	2	
5	10	5	4	
5	10	5	6	
5	10	5	8	
5	10	5	10	

Com os dados obtidos na tabela 03, coloque-os no gráfico 03 pra análise.



Com base na questão 3 responda:

Com a alteração na gravidade g , o que houve com o período do pêndulo?

- a) () O período do pêndulo permaneceu inalterado.
- b) () Houve alteração no período do pêndulo.
- c) () Não sabe informar.

