



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO ARAGUAIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**APRENDENDO O MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME COM O
AUXÍLIO DO AMBIENTE VIRTUAL 3D VPYTHON**

AGNALDO GONÇALVES BORGES JUNIOR

Barra do Garças-MT

2020



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO ARAGUAIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

AGNALDO GONÇALVES BORGES JUNIOR

**APRENDENDO O MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME COM O
AUXÍLIO DO AMBIENTE VIRTUAL 3D VPYTHON**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física como um dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Fabrizio Myaki Alves

Barra do Garças-MT

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

J95a Junior, Agnaldo Gonçalves Borges.
APRENDENDO O MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME COM O AUXÍLIO
DO AMBIENTE VIRTUAL 3D VPYTHON / Agnaldo Gonçalves Borges Junior. --
2020
110 f. ; 30 cm.

Orientador: Fabrizio Myaki Alves.
Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação Profissional em
Ensino de Física, Pontal do Araguaia, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Animação computacional. 2. Ensino de Física. 3. Movimento Circular
Uniforme. 4. Material pedagógico. 5. Vpython. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

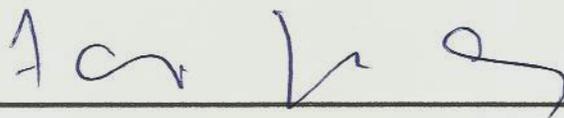
Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

APRENDENDO O MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME COM O AUXÍLIO DO AMBIENTE VIRTUAL 3D VPYTHON

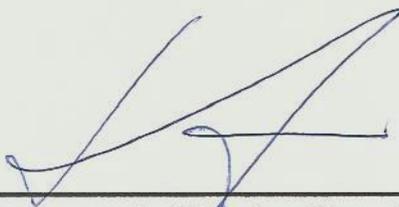
Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo de Barra do Garças/Campus Universitário do Araguaia, da Universidade Federal de Mato Grosso, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre, sob orientação do Prof. Dr. Fabrizio Myaki Alves, considerado APROVADO pela Banca Examinadora.

FOLHA DE APROVAÇÃO

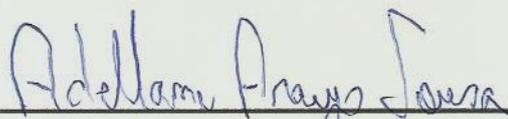
Comissão examinadora:



Prof. Dr. Fabrizio Myaki Alves (Orientador)



Prof. Dr. Frederico Ayres de Oliveira Neto (Examinador Externo)



Prof. Dr. Adellane Araújo Sousa (Examinador Interno)

Aprovada em 14 de fevereiro de 2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS, por me permitir tantas vitórias em meio as lutas, por ter chegado até aqui.

Agradeço também a minha esposa Janaína R. Maffud, por todo apoio, compreensão e paciência pelas ausências nesse período de mestrado.

Em especial agradeço aos meus pais - Agnaldo G. B. Filho (falecido durante esse período de mestrado) e Eunice V. de C. Borges que mesmo de longe nunca deixou de expressar todo apoio.

A toda minha família, que sempre esteve ao meu lado me incentivando nas horas difíceis, as minhas irmãs Elisângela C. B. Lima e Flávia Cristiane de C. Borges, a minha sobrinha Lauren B. Camboim, aos meus cunhados Reynaldo M. Filho, Patrícia R. M. Carvalho e Vinicius da S. Carvalho, também aos meus sogros - Reynaldo Maffud e Sebastiana R. Maffud que sempre pude contar em todos os momentos.

Aos colegas de turma Denise V. da R. Abreu, Hélia Sandra, Lúcio M. Costa, José Arimatheia A. da Silva e Wescilei de Paula, que contribuíram com apoio incondicional em toda trajetória do mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fabrizio Myaki Alves, pelo apoio e empenho na construção do trabalho final, pois foi de fundamental importância sua dedicação.

A todos do IFMT - Campus Confresa que esteve presente e fez parte desse processo, em especial aos alunos e aos colegas de trabalho Franco V. Delfino, Devacir V. de Moraes, Geisa P. da Silva, Rodrigo da S. Lopes, Thierry de Melo e aos gestores.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

RESUMO

Vivemos numa época em que o ensino de física necessita de mudanças. Métodos de ensino nos quais utilizam-se apenas material tradicional, como giz e quadro, não condiz com a realidade de aprendizado do aluno do século XXI adepto ao mundo virtual. É sabido da dificuldade do aluno de se imaginar e interpretar um fenômeno físico adequadamente. A dificuldade aumenta quando é preciso compreender algo que muda no espaço e no tempo dispondo para isso apenas de uma figura estática. Hoje temos a nosso favor opções modernas que funcionam como material pedagógico. Nesse âmbito destacamos as simulações computacionais contendo recursos didáticos atraentes na sua riqueza visual e ainda permitem a interatividade do aprendiz com o fenômeno que se deseja estudar. Nesse trabalho utilizaremos simulações de própria autoria desenvolvidas no ambiente virtual 3D conhecido por Vpython, a fim de discutir e compreender os conceitos relacionados ao movimento circular uniforme.

Palavras Chaves: Animação computacional; Ensino de Física; Movimento Circular Uniforme; Material pedagógico; Vpython.

ABSTRACT

We live in a time when physics education demands change. Because teaching methods in which only traditional materials, such as chalk and chalkboard, do not match the learning reality of the 21st century virtual world adept student. It is well known the difficult students have to imagine and interpret a physical phenomenon properly. The difficulty increases when it is necessary to understand something that changes in space and time with only a static figure. Today we have many new options that work as pedagogical material. In this context we highlight the computational animations as didactic resources attractive for their visual richness and interactivity with the phenomenon studied. In this work we will use animations elaborated in the 3D virtual environment known as Vpython to discuss and understand the Uniform Circular Motion and the relations that surround this content.

Keywords: Computer animation; Physics teaching; Circular Uniform Motion; Teaching material; Vpython.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rotação da joaninha	16
Figura 2 - Meu sistema solar	16
Figura 3 - MCU - Salto recorde	17
Figura 4 - MCU - Montanha Russa.....	17
Figura 5 - Interface do Modellus.....	18
Figura 6 - Interface do Tracker	19
Figura 7 - Interface <i>Software</i> de celular	20
Figura 8 - Lançamento oblíquo.....	22
Figura 9 - Pêndulo.....	22
Figura 10 – Engrenagem de raio r com velocidade linear v girando com uma velocidade angular ω . Imagem extraída do simulador.	24
Figura 11 – (a) Num intervalo de tempo Δt o ponto P move-se ao longo da circunferência de raio r percorrendo o arco Δs , enquanto no mesmo intervalo o segmento OP gira varrendo um ângulo $\Delta\theta$. (b) A relação vetorial envolvendo \mathbf{v} , $\boldsymbol{\omega}$ e \mathbf{r}	25
Figura 12 - Esferoide oblato e os parâmetros que o descrevem	26
Figura 13- Trio de engrenagens de raios iguais	32
Figura 14 - Trio de engrenagens de raios diferentes.....	33
Figura 15 - Movimento de rotação da Terra.....	34
Figura 16 - Lançamento tangencial na ausência de força.....	35

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Descrição das etapas de aplicação do produto.....	40
--	----

LISTA DE FOTOS

Foto 1 - Aula teórica apresentação do projeto.....	41
Foto 2 - Aula com simulador (engrenagens)	42
Foto 3 - Aula simulador (movimento de rotação da Terra)	42
Foto 4 - Polias de uma furadeira de bancada.....	59
Foto 5 - Alunos discutindo movimento Circular Uniforme.....	59
Foto 6 - Aula teórica	64
Foto 7 - Aula simulador engrenagens	64
Foto 8 - Aula simulador terra.....	65
Foto 9 - Aula Questionário avaliativo da metodologia	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual das respostas da primeira questão.....	43
Gráfico 2 - Percentual das respostas da segunda questão(pré-teste)	44
Gráfico 3 - Percentual das respostas da terceira questão(pré-teste)	45
Gráfico 4 - Percentual das respostas da sexta questão(pré-teste).....	46
Gráfico 5 - Percentual das respostas da sétima questão	47
Gráfico 6 - Percentual das respostas da oitava questão	48
Gráfico 7 - Percentual das respostas da segunda questão(questionário avaliativo)	50
Gráfico 8 - Percentual das respostas da quarta questão(questionário avaliativo)	50
Gráfico 9 - Percentual das respostas da quinta questão	52
Gráfico 10 - Percentual das respostas da sexta questão(questionário avaliativo)	53
Gráfico 11 - Percentual das respostas da décima questão	54
Gráfico 12 - Representando em porcentagem as respostas da segunda questão (questionário de opinião).....	55
Gráfico 13 - Representando em porcentagem as respostas da terceira questão (questionário de opinião).....	56
Gráfico 14 - Representando em porcentagem as respostas da quarta questão (questionário de opinião).....	56

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	9
2 – REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 – TECNOLOGIA E AS ANIMAÇÕES COMPUTACIONAIS.....	14
3 – MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME.....	24
3.1 – MOVIMENTO CIRCULAR NAS ENGRENAGENS.....	24
3.2 – MOVIMENTO CIRCULAR DE ROTAÇÃO DA TERRA	26
4 – O PRODUTO EDUCACIONAL.....	31
4.1 – ENGRENAGENS	31
4.2 – ROTAÇÃO DA TERRA.....	33
5 – METODOLOGIA.....	36
5.1 - DESCRIÇÃO DO LOCAL E DA TURMA EM QUE FOI APLICADO O PRODUTO	36
5.2 – ETAPAS DE APLICAÇÃO DO NOSSO TRABALHO	38
5.3 – OS ALUNOS EM ATIVIDADE COM OS SIMULADORES.....	41
6 – DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....	43
6.1 QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE.....	43
6.2 QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	49
6.3 QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO	55
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICE I – Fotos das aulas.....	63
APÊNDICE II – Produto Educacional	66

1 – INTRODUÇÃO

Com base na experiência docente diária dos autores citados nesse trabalho é possível perceber que a forma como se trabalha normalmente os conceitos de física nas escolas ainda é pouco atraente e que o conteúdo muitas vezes não é compreendido satisfatoriamente pelos alunos. Um motivo é apontado por Fiolhais e Trindade: "Uma característica da Física que a torna particularmente difícil para os alunos é o fato de lidar com conceitos abstratos e, em larga medida, contra intuitivos. A capacidade de abstração dos estudantes, em especial os mais novos, é reduzida" (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p.260).

Uma situação recorrente é o uso de um modelo ou de uma estratégia didática executada somente com recursos tradicionais, como o quadro e o giz, o que limita as possibilidades de representar e discutir os fenômenos físicos dificultando o aluno a imaginá-los e interpretá-los adequadamente. Segundo Araújo *et al* (2019), além de aumentar o cansaço, o uso de recursos tradicionais também está relacionado diretamente à dificuldade de compreender fenômenos que mudam no espaço e no tempo por meio apenas de uma narração ou de imagens estáticas do quadro ou do livro.

Algumas deficiências observadas também contribuem para a falta de aprendizado: "as falhas conceituais, a ausência de conteúdos e a falta de habilitação para o ensino laboratorial por parte dos professores de Física são constatações recorrentes no ensino secundário, o que sugerem limitações na preparação inicial desses docentes no curso de licenciatura" (COSTA; BARROS, 2015, p.10982). Nesse mesmo trabalho, Costa e Barros levantam outras situações como: carga horária reduzida das disciplinas científicas e o grande número de alunos numa sala de aula, além da defasagem de laboratórios e de bibliotecas.

Vemos assim que a realidade do ensino de física nas escolas de ensino médio no Brasil é bastante complexa, constituído por problemas de diferentes naturezas e aspectos que ainda carecem de uma solução concreta. Embora esforços vêm ocorrendo nos últimos anos em favor da sua melhora, mudanças e inovações ainda

são necessárias para se buscar um aprendizado melhor dos conceitos que envolve a física.

Conforme Araújo e Abib (2003), apesar de todas as limitações, as atividades experimentais como estratégia para se ensinar conceitos de física é uma maneira que tem sido apontado por professores e alunos como uma das dinâmicas mais frutíferas que possibilita minimizar as dificuldades de aprendizado nessa disciplina. Atualmente temos muitas alternativas que funcionam como material pedagógico auxiliar, como experimentos reais baratos que podem ser construídos e preparados pelo próprio professor em sala de aula ou experimentos virtuais, acessíveis a todos, que podem ser utilizados com o auxílio de um computador que pode estar conectado na internet ou não. Numa rápida consulta em sites de pesquisa como o Google ou o Youtube vemos uma infinidade de ideias/sugestões que podemos trabalhar em sala de aula. Desse modo, novas estratégias de ensino interessantes podem surgir dando oportunidade para que esses materiais possam ser convenientemente agregados aos instrumentos didáticos já existentes.

Qualquer que seja o material ou a estratégia pedagógica escolhida, deve-se ter a necessidade de períodos contendo pré e pós atividades, visando a construção dos conceitos envolvidos. Dessa forma, para facilitar a compreensão do conteúdo não se deve desvincular “teoria” e “prática”, a contextualização deve também integrar a aula.

[...] a experimentação, seja ela de demonstração, seja de observação e manipulação de situações e equipamentos do cotidiano do aluno e até mesmo a laboratorial, propriamente dita, é distinta daquela conduzida para a descoberta científica e é particularmente importante quando permite ao estudante diferentes e concomitantes formas de percepção qualitativa e quantitativa, de manuseio, observação, confronto, dúvida e de construção conceitual. (Ministério da Educação, p. 52, 2014)

Nesse sentido percebe-se que o estudante poderá compreender os conceitos físicos com maior naturalidade quando lhe é atribuído a possibilidade de construir e associar o que se quer aprender por meio de atividades práticas, transformando

um conceito abstrato em concreto. Seja pelo modo experimental ou virtual, o vínculo criado por eles entre professor e aluno gera um ambiente favorável a aprendizagem, quebrando o paradigma de uma ciência conhecida tradicionalmente por ser ensinada somente através de equações e fórmulas, tornando o estudante agente construtor de seu conhecimento.

No entanto, não podemos deixar de citar a grande vantagem que os experimentos virtuais estão trazendo para o meio acadêmico, pois os experimentos laboratoriais ocorrem muitas vezes em situações imperceptíveis ou não contendo todos os detalhes necessários para compreendê-lo. Segundo Filho *et al* (2009),

A simples visualização de experimentos reais realizados em laboratório, muitas vezes é difícil por ocorrerem muito rápido, tempos curtos, e algumas vezes fora da percepção humana, da audição, visão, etc devido a nossa limitada capacidade sensorial, necessitando de auxílio de algum instrumento de medição mais sofisticado. O uso de simulação para mimetizar os fenômenos pode resolver este tipo de dificuldade. Lançamos mãos das linguagens interativas Python e Visual Python (VPython) [1], para simular diversos experimentos físicos de laboratório.(Filho *et al*, 2009)

De acordo com o que foi discutido previamente, esse trabalho tem a finalidade de contribuir na melhoria do ensino de física incentivando o uso de animações computacionais e pretendendo assim despertar motivação no aluno para a aprendizagem dos conceitos físicos que serão abordados. As animações são recursos didáticos virtuais já bastante utilizados no mundo todo, atraentes pela sua riqueza visual e ainda permitem a interatividade do aprendiz com a representação do fenômeno que se deseja estudar, quesitos importantes no processo de aprendizagem. As animações de nosso produto educacional foram elaboradas no ambiente virtual 3D Visual Python, o qual possibilita construí-las na especificidade que se precisa e visualizá-las num referencial de preferência.

Percebe-se a importância da linguagem computacional python¹ na Física, pois existem muitos trabalhos na área utilizando essa plataforma. Citaremos dois desses que fazem parte do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) polo de Barra do Garças. Um em se tratando da física dos fluídos

¹ Visual Python (Vpython)[acesso em 15 out 2018]. Disponível em: <http://vpython.org/>

– com ênfase na força de empuxo, atrito e densidade. Trabalho que foi apresentado por Assis (2017); e o outro trabalho está relacionado a órbita dos planetas que também utilizou a linguagem python apresentado por Almeida e Silva (2016).

Também há trabalhos realizados em outras universidades, citamos: Sousa (2016) em aplicações às leis de Newton, Belarmino, Sousa e Coutinho (2017) abordando lançamento de projéteis e Nascimento *et al* (2014) sobre gravitação aplicada ao sistema solar.

Faremos o uso dessa importante ferramenta pedagógica para discutir movimentos de corpos associados com trajetória curvilínea (em particular daqueles com trajetória circular) como ocorre por exemplo em movimentos de rotação. Existem muitos problemas de movimentos envolvendo esse gênero, decorrentes na natureza ou de frutos da invenção humana. Consideraremos dois deles no nosso trabalho que serão ilustrados e discutidos no capítulo destinado ao nosso produto educacional.

Sempre tendo como foco o uso das animações de física, algumas metas listadas à seguir farão parte desse trabalho:

- ✓ Atuar como instrumento facilitador da compreensão do conteúdo;
- ✓ Incentivar o aprendizado da teoria;
- ✓ Tornar o momento de aula mais descontraído promovendo um maior interesse dos alunos para a disciplina assim como para o conteúdo;
- ✓ Mostrar a aplicação prática da Física aproximando-a do cotidiano do aluno;
- ✓ Desenvolver no aluno pleno interesse em aprender física;
- ✓ Proporcionar um espírito crítico por meio da aplicação das leis da física;
- ✓ Propiciar aos alunos a capacidade de discutir e interagir uns com os outros através de grupo de discussão.

Contudo, o texto dessa dissertação está constituído da seguinte forma: no capítulo 2, abordaremos o referencial teórico fornecendo uma ideia da importância das Tics no ensino de física. No capítulo 3, discutiremos detalhes do tema escolhido para esse trabalho: o movimento circular uniforme. No capítulo 4, apresentaremos o nosso produto educacional que são as simulações computacionais. No capítulo 5, mostraremos a metodologia utilizada na aplicação do nosso produto e um breve

histórico da instituição e da turma em que os simuladores foram aplicados. No capítulo 6, discutiremos os resultados obtidos e por fim no capítulo 7, faremos as considerações finais do trabalho.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – TECNOLOGIA E AS ANIMAÇÕES COMPUTACIONAIS

Estamos numa época em que a evolução tecnológica ocorre de forma frenética, influenciando a rotina das pessoas incluindo os jovens, nem temos tempo de nos adaptarmos às mudanças impostas por ela e de repente surgem novas modernidades que mais uma vez transformam a rotina diária de nossas vidas. Há 40 anos, normalmente se aprendia por meio das aulas do professor na escola ou pelos livros e enciclopédias que pesquisávamos em casa ou na biblioteca. Hoje, entretanto o acesso ao conhecimento é muito amplo e frequentemente livre, na forma de textos e vídeo-aulas produzidas por universidades conceituadas no mundo inteiro, todo esse conteúdo adentrando em nossos lares através da internet. No ensino de física essas mudanças têm trazido grandes oportunidades que possibilitam construir estratégias de aprendizado condizentes com o perfil do aluno do século XXI. Pode-se afirmar que é muito enriquecedor para uma aula de física onde esteja acompanhada/agregada por alguma simulação ou animação virtual, isso porque as animações computacionais são materiais com grande potencial pedagógico, adorados pelos jovens.

De acordo com Silva (2018), nesta última década é perceptível a grande evolução da tecnologia, bem como sua democratização e acessibilidade que tem se adaptado à sociedade de maneira eficiente atendendo desde profissionais da área em situações de extrema complexidade, como usuários leigos.

Tais mudanças já chegaram também às escolas gerando transformações dentro das salas de aula.

Nesse sentido as novas tecnologias geram um novo espaço para o conhecimento, pois o mundo está a todo instante sofrendo transformações e conseqüentemente o pensamento acompanha esse processo. Desse modo, o professor só acompanha essas mudanças ao conseguir adequar os seus procedimentos didáticos e o sistema de avaliação em sala de aula de acordo com a realidade.(DUNCKE, p. 14, 2016)

Mas ainda estamos vivenciando uma educação no Brasil muito aquém do desejável, na qual a formação dos docentes deixa a desejar no quesito aula prática ou uso de meios tecnológicos na inserção didática do professor.

No país, especialmente na escola pública, o ensino de ciências físicas e naturais ainda é fortemente influenciado pela ausência do laboratório de ciências, pela formação docente descontextualizada, pela indisponibilidade de recursos tecnológicos e pela desvalorização da carreira docente. E isso, sem sombra de dúvidas, constitui-se em um obstáculo pedagógico à consecução do ensino e da aprendizagem da Física nos diferentes níveis e modalidades da escolarização, com impacto negativo sobre o entendimento e o interesse por essa ciência. (COSTA; BARROS, p. 10981, 2015)

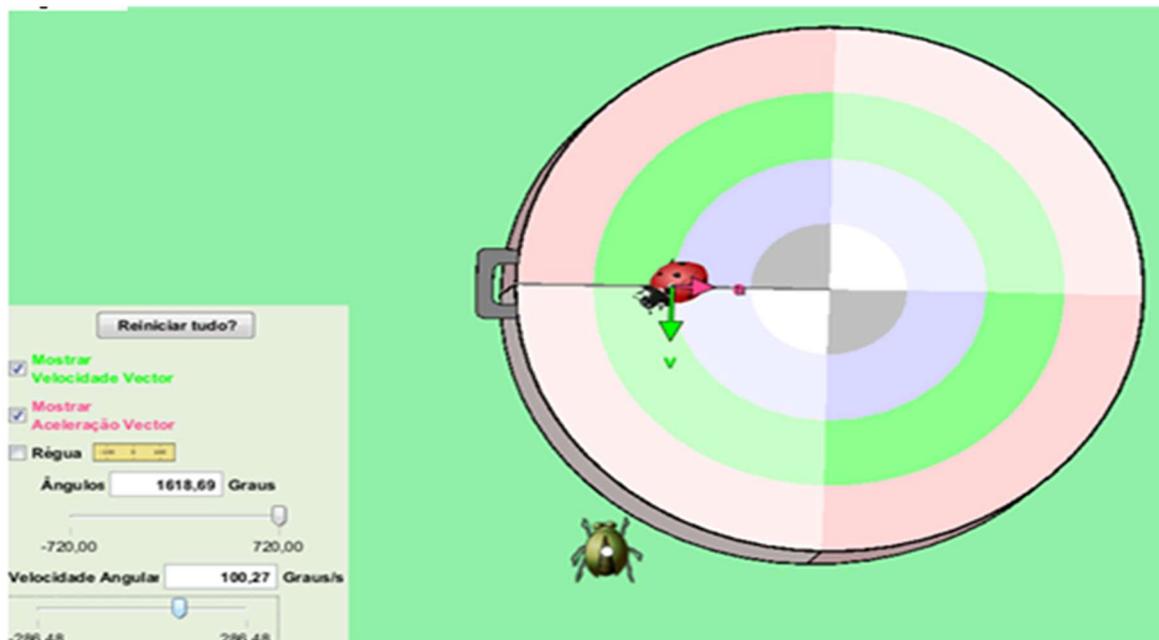
Apesar das barreiras e das limitações na formação de pessoal, mudanças estão ocorrendo promovendo muitas possibilidades para aplicação e desenvolvimento de recursos pedagógicos que auxiliarão no desenvolvimento das atividades docentes.

Atualmente encontra-se disponível um grande número de plataformas, programas, aplicativos e sites que possibilitam as simulações de fenômenos físicos, em alguns deles, os acessos são pagos, porém existem outros cujo acesso é livre. Nessa modalidade de tecnologia existem anexadas simulações de várias áreas e com diversos conteúdos. Dois sites que exemplificam nossa discussão são os do *phet colorado*² e do *laboratório virtual da usp*³ contendo animações de física e de outras áreas com teor exclusivamente pedagógico, que estão ilustradas nas figuras 1 a 4. São animações do tipo 2D elaboradas com botões de interação que permitem alterar os valores das grandezas físicas associadas, possuindo código fonte que necessita ter um conhecimento avançado de programação para se promover mudanças (quando possível), de acordo com as situações específicas que se deseja trabalhar em sala de aula. Mais informações a respeito das animações produzidas por esses sites podem ser encontradas acessando os links no rodapé da página.

² http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics

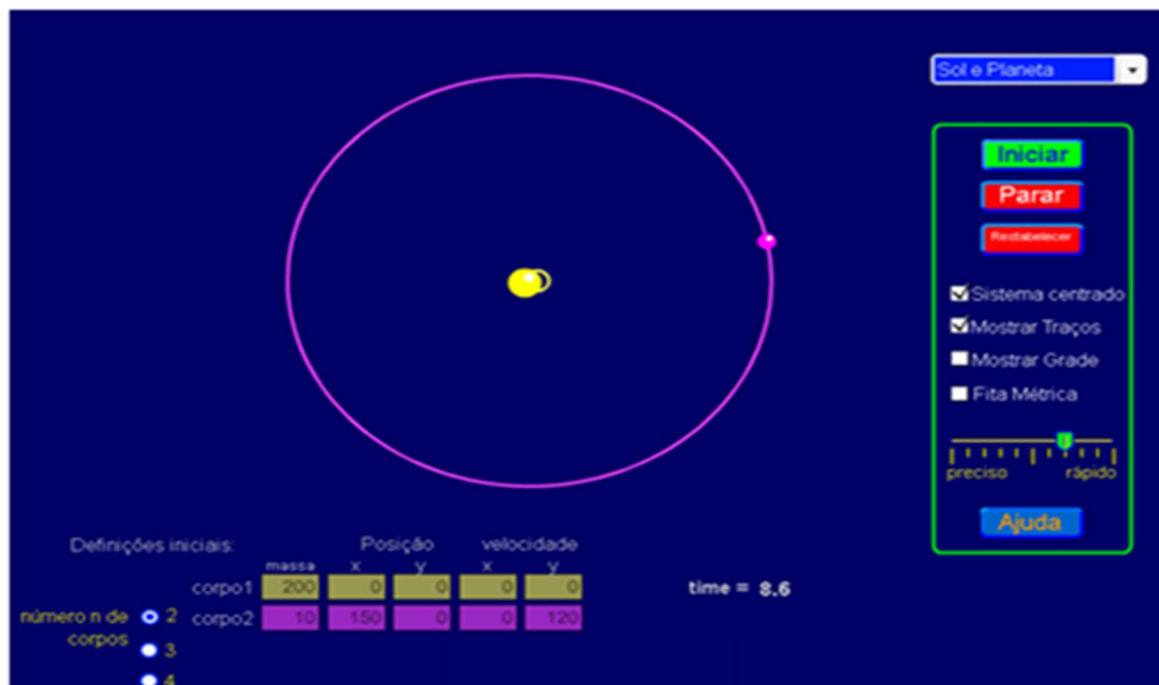
³ <http://www.labvirt.fe.usp.br>

Figura 1 - Rotação da joaninha



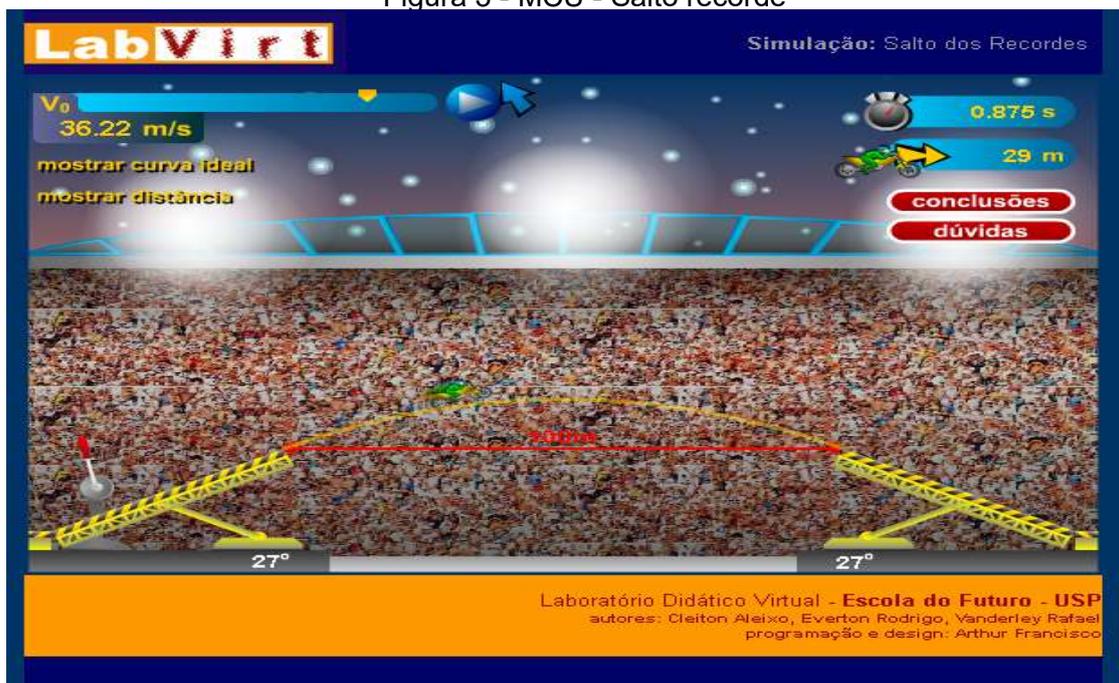
Fonte: University Of Colorado Boulder²

Figura 2 - Meu sistema solar



Fonte: University Of Colorado Boulder²

Figura 3 - MCU - Salto recorde



Fonte: Laboratório virtual da USP (2019)³

Figura 4 - MCU - Montanha russa

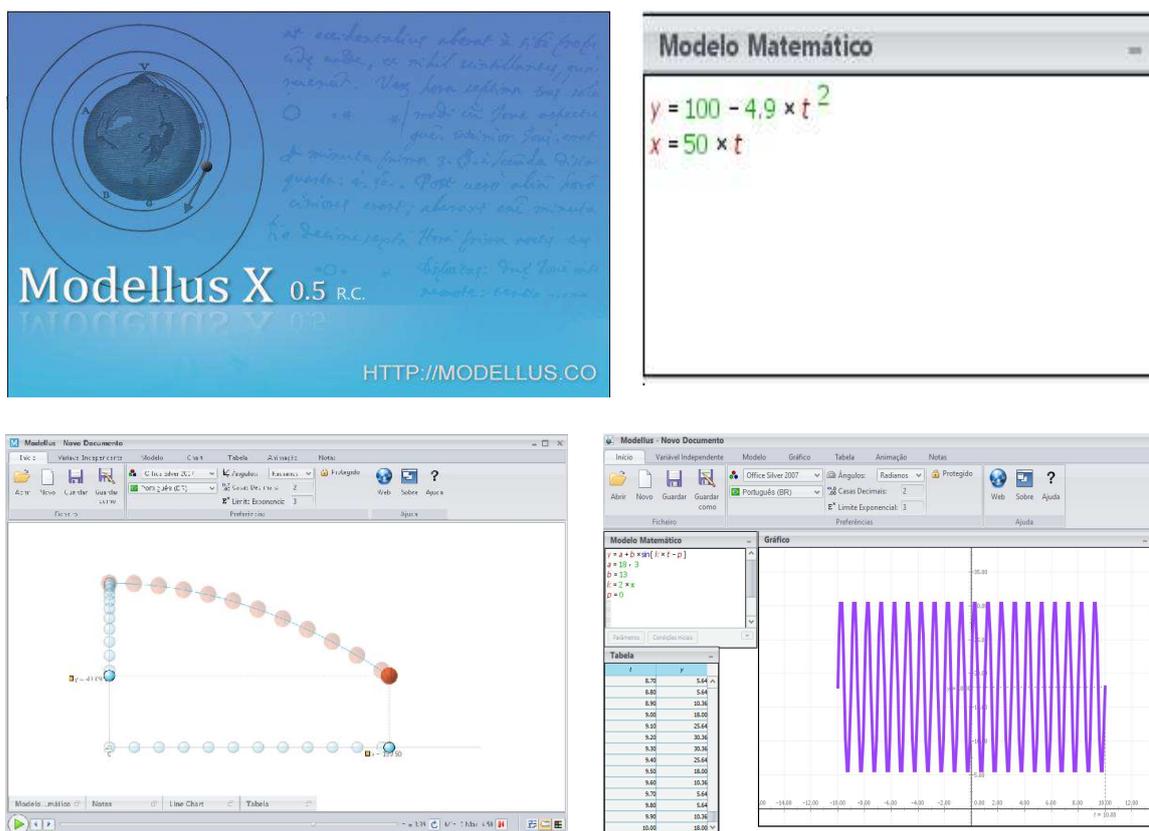


Fonte: Laboratório virtual da USP (2019)³

Podemos citar ainda outras formas virtuais disponíveis para o ensino de física, como o programa de modelagem *Modellus*. Segundo VEIT e TEODORO (2002) essa ferramenta permite ao usuário analisar/visualizar a dinâmica de um problema físico, explorando-o em diferentes perspectivas através de modelos matemáticos, conforme ilustrado na figura 5.

Modellus foi concebido como um software de modelagem, no qual o usuário pode facilmente escrever modelos matemáticos expressos como funções, equações diferenciais, equações a diferenças finitas ou derivadas. Tomemos como exemplo, o modelo de um objeto considerado como uma partícula (objeto com massa mas sem dimensão), que se move unidimensionalmente com velocidade constante. (VEIT e TEODORO, p. 90, 2002)

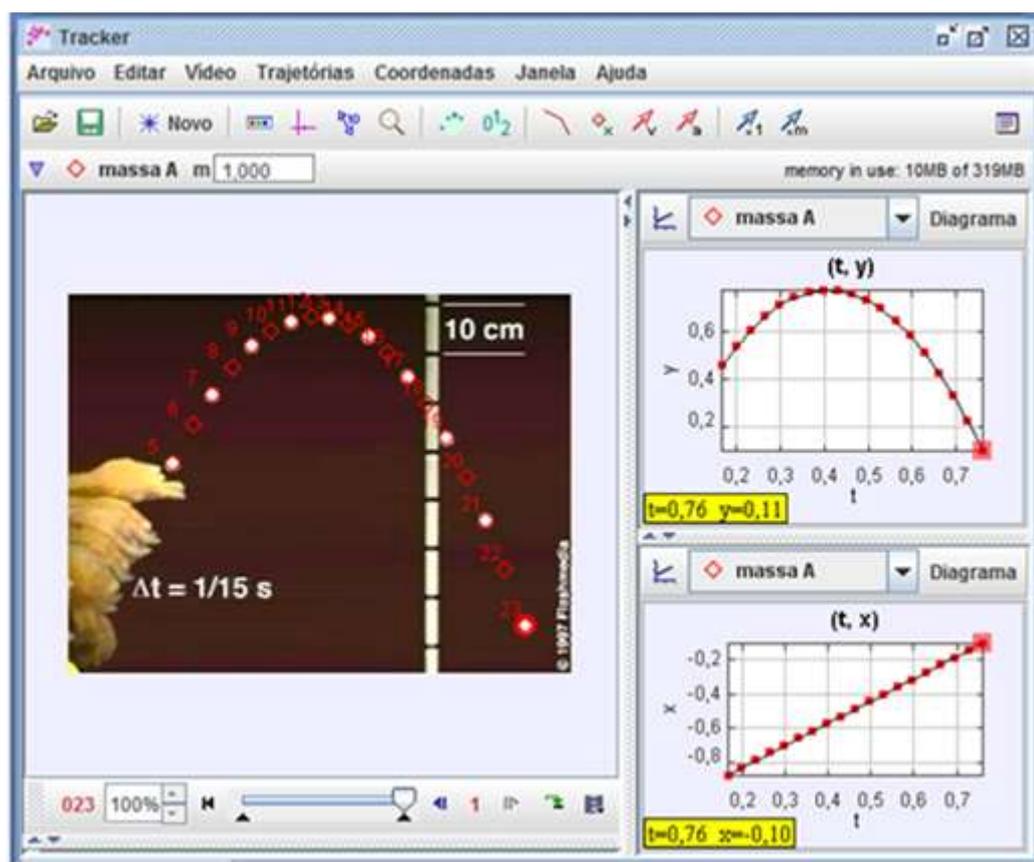
Figura 5 - Interface do *Modellus*



Fonte: <https://www.univates.br>

Outra modalidade de software são os que geram gráficos a partir de filmagens. Esses programas possibilitam o *upload* de arquivos de vídeos, gerando tabelas e gráficos que podem ser interpretados. Esse tipo de software também possibilita a interação e a repetição da prática quantas vezes quiser. Como exemplo citamos o software *Tracker*, cujos detalhes são mostrados na figura 6.

Figura 6 - Interface do Tracker



Fonte: UFRGS⁴

Segundo o tutorial publicado no site da UFRGS⁴ - laboratório virtual - umas das principais características do *Tracker* é a confecção rápida de gráficos à partir de dados obtidos dos vídeos gerados durante a ocorrência do fenômeno observado.

Enfim, a evolução tecnológica no nosso dia-a-dia é perceptível e que os aparelhos como computadores, celulares/*smartphones* e *tablets*, são acessórios

⁴ <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/lab/tracker.html>

fundamentais para o aprendizado de um modo geral. Conforme Silva (2012), uma pesquisa realizada na universidade do Amapá demonstra que cada vez mais esses aparelhos estão nas mãos dos jovens.

No caso dos celulares, existem aplicativos que permitem o uso de seus sensores de medidas instalados que podem ser transformados em um amplo laboratório: virtual e real. De acordo com Almeida (2015):

O smartphone pode ajudar o professor a suprir a falta de laboratórios e materiais didáticos nas escolas, sendo possível seu uso sem ter acesso a um laboratório, ou seja, até mesmo dentro da sala de aula o que minimiza seu tempo no ato de montar e testar equipamentos em laboratório e também no deslocamento dos alunos. Os smartphones atualmente possuem vários tipos de sensores que possibilitam seu uso até mesmo dentro da sala de aula como um instrumento de medida, transformando-a em um laboratório de física. Dessa forma as aulas podem se tornar mais dinâmicas e atrativas aos alunos.(ALMEIDA, p. 22. 2015)

Um aplicativo que utiliza esses sensores é o *Sensor Kinetics* cuja interface é mostrada na figura 7, podendo ser baixado gratuitamente no repositório da *Play Store*. Por meio dos sensores o aplicativo pode medir, por exemplo, a aceleração de corpos e campos magnéticos de alguma fonte.

Figura 7 - Interface *software* de celular



Fonte: Play Store

Segundo Assis (2017), algumas vantagens dos *softwares* é que eles já estão prontos para o uso de modo que o usuário não precisa ter conhecimento de programação, necessitando apenas atribuir valores ou inserir equações pré-definidas que tratam dos conceitos físicos presentes. Em contrapartida eles são bastante limitados de recursos e normalmente não permitem a personalização ou modificação do próprio código.

De tantas opções virtuais pedagógicas disponíveis queremos agora enfatizar um ambiente gráfico muito fértil para o ensino de física conhecido por vpython. O vpython foi criado na linguagem python, é um ambiente “free” testado e usado em várias universidades, e possui versões disponíveis para os principais sistemas operacionais utilizados em computadores e aparelhos móveis. Podemos ainda elencar duas vantagens dessa linguagem, uma é a **interatividade** - os alunos podem modificar os parâmetros das animações que descrevem o problema físico e repetindo o procedimento da maneira que for necessária a fim de melhorar a compreensão do problema, a outra é a **visão 3D** - com esse recurso os alunos poderão observar o fenômeno em diferentes ângulos (referenciais), facilitando assim a interpretação do fenômeno simulado.

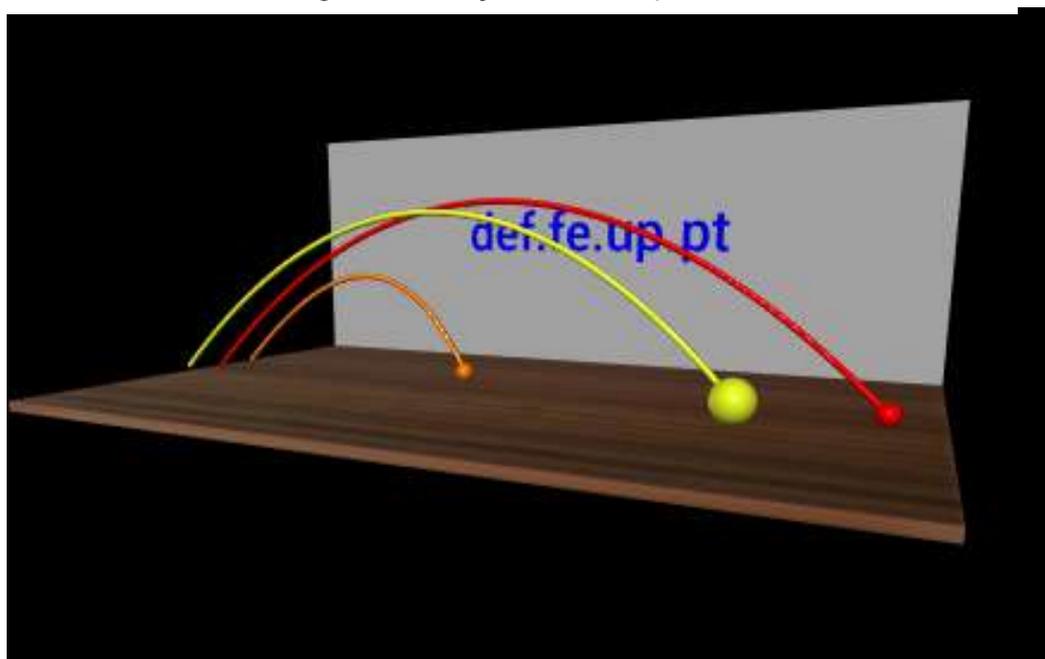
De acordo com Utiel (2009), essa biblioteca permite criar simulações em 3D de uma maneira muito mais simples do que as ferramentas usuais de programação. Uma de suas vantagens é construir animações computacionais, através de um código escrito em python, ajustadas para a realidade que o professor necessite ensinar em sala de aula, ou seja, possibilita adotar uma estratégia pedagógica apropriada para o perfil de cada turma.

As figuras 8 e 9 mostram duas animações produzidas no vpython, a primeira delas simulando um lançamento de projétil⁵ e outra descrevendo a oscilação de um pêndulo⁶.

⁵ <https://def.fe.up.pt/python/projeteis.html>

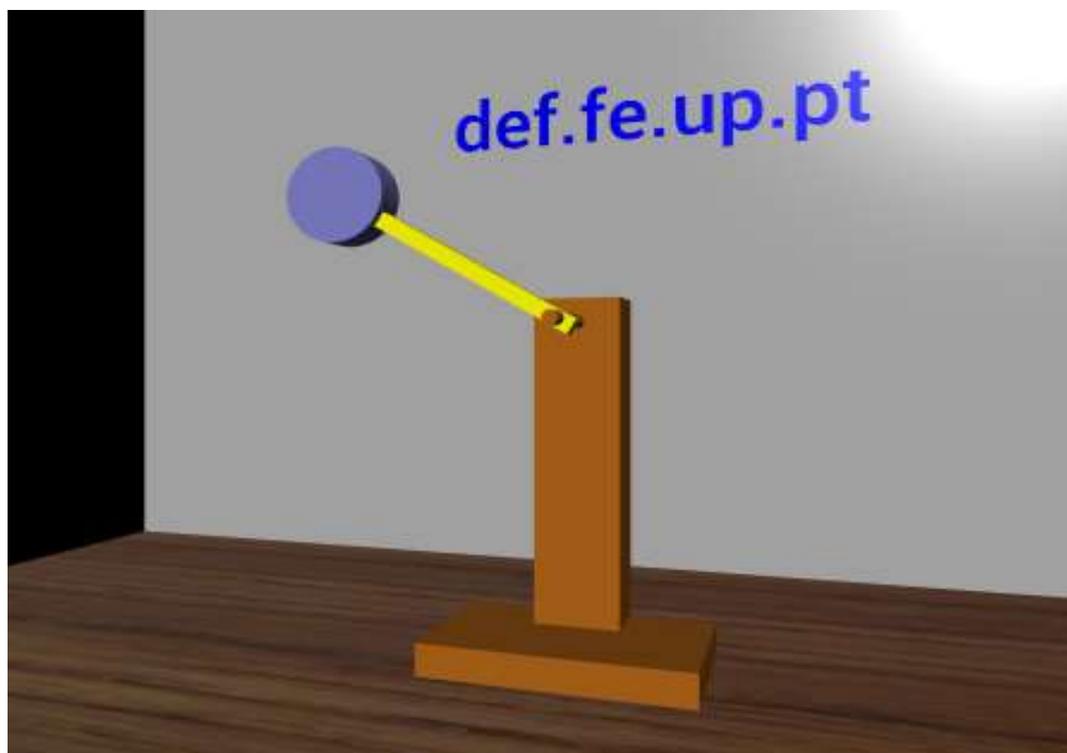
⁶ <https://def.fe.up.pt/python/pendulo.html>

Figura 8 - Lançamento oblíquo



Fonte: Universidade do Porto (2019)⁵

Figura 9 - Pêndulo



Fonte: Universidade do Porto (2019)⁶

Nesse trabalho teremos a oportunidade de propiciar o estudo de problemas associados ao movimento circular uniforme por meio de animações que foram elaboradas no ambiente vpython. Os detalhes da criação e do funcionamento das animações ficarão para o capítulo 4 destinado ao nosso produto educacional. Mas antes, no capítulo à seguir, apresentaremos a física associada ao movimento circular uniforme.

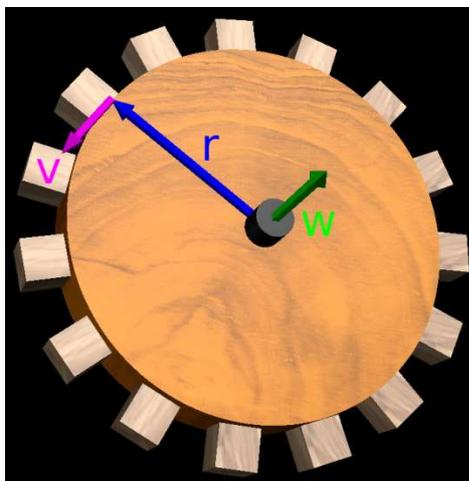
3 – MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

A cinemática do movimento circular uniforme é o tema do nosso trabalho e ele será discutido nesse capítulo dividido em duas seções, cada uma voltada para descrever o movimento dos dois simuladores que constituirão o nosso produto educacional.

3.1 – MOVIMENTO CIRCULAR NAS ENGRENAGENS

O primeiro simulador que trataremos reproduzirá o movimento uniforme de rotação de uma engrenagem de raio r girando com velocidade angular ω constante conforme ilustrado na figura 10.

Figura 10 – Engrenagem de raio r com velocidade linear v girando com uma velocidade angular ω . Imagem extraída do simulador.

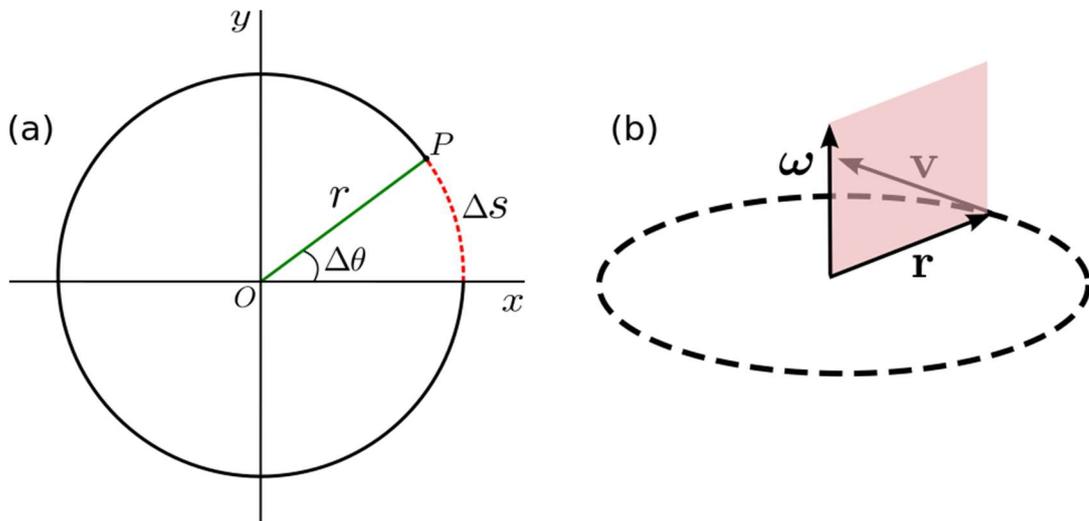


Fonte: Arquivo próprio

O movimento de rotação, em relação a um eixo passando pelo centro da engrenagem, pode ser descrito de forma análoga considerando um ponto fixo na engrenagem mantido a uma distância (igual ao raio) do seu centro realizando um movimento circular uniforme. Esse ponto está representado por P na figura 11a, que moverá ao longo de uma circunferência de raio r percorrendo, num intervalo de tempo Δt , um arco de comprimento Δs com velocidade linear v igual a,

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1)$$

Figura 11 – (a) Num intervalo de tempo Δt o ponto P move-se ao longo da circunferência de raio r percorrendo o arco Δs , enquanto no mesmo intervalo o segmento OP gira varrendo um ângulo $\Delta\theta$. (b) A relação vetorial envolvendo \mathbf{v} , $\boldsymbol{\omega}$ e \mathbf{r} .



Fonte: Arquivo próprio

Como o comprimento de um arco é, $\Delta s = r \Delta\theta$, a expressão (1) pode ser escrita por,

$$v = \frac{r\Delta\theta}{\Delta t} = r\omega \quad (2)$$

sendo,

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (3)$$

a velocidade angular que o segmento OP varre o ângulo $\Delta\theta$ no intervalo de tempo Δt . Por causa dessa equivalência temos que o movimento de uma engrenagem pode então ser descrito por meio das grandezas físicas lineares, v e Δs , como também em termos das grandezas angulares, ω e $\Delta\theta$. De acordo com a expressão (2) se r e ω são constantes, a velocidade v também será. De forma mais geral, que é a vetorial, a relação (2) é substituída pelo produto vetorial,

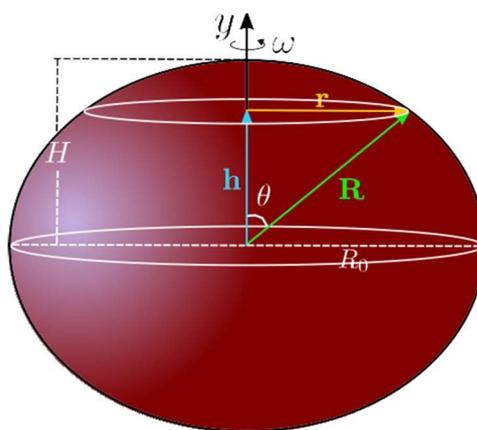
$$\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r} \quad (4)$$

e assim o vetor \mathbf{v} tem direção perpendicular ao plano definido pelos vetores $\boldsymbol{\omega}$ e \mathbf{r} (figura 11b), e o seu sentido é dado pela regra da mão direita.

3.2 – MOVIMENTO CIRCULAR DE ROTAÇÃO DA TERRA

O segundo simulador do nosso produto descreverá o movimento de rotação da Terra e na visão de um ponto fixo sobre a sua superfície move-se numa trajetória circular cujo centro localiza-se sobre o eixo de rotação da Terra. Por razões que serão discutidas no próximo capítulo a Terra gira com velocidade angular ω constante assumindo a forma de um esferoide oblato conforme ilustrado na figura 12. Desse modo um ponto fixado na superfície do esferoide em rotação o acompanhará executando um movimento circular uniforme. É bom deixar claro que iremos trabalhar em partes com representações cartesianas, pois na plataforma VPython independentemente da geometria do problema ele trabalha com esses vetores unitários (representação cartesianas), sendo que de outra forma impossibilitaria criarmos as simulações nessa linguagem de programação (VPython).

Figura 12 - Esferoide oblato e os parâmetros que o descrevem



Fonte: Arquivo próprio

O esferoide é essencialmente caracterizado por um raio R_0 na linha do equador ($y = 0$), correspondendo a maior distância do seu centro até a sua superfície, e também por uma altura H , sendo $H \leq R_0$.

As coordenadas de uma partícula em repouso em algum ponto na sua superfície girando num instante t com velocidade angular ω são dadas pelo vetor posição:

$$\mathbf{R}(t) = X(t)\mathbf{i} + Y\mathbf{j} + Z(t)\mathbf{k}, \quad (5)$$

cujas componentes em coordenadas esféricas são,

$$\begin{cases} X(t) = R_0 \sin\theta \cos(\omega t) \\ Y = H \cos\theta \\ Z(t) = R_0 \sin\theta \sin(\omega t) \end{cases} \quad (6)$$

Quando, $\theta = \pi/2$, o vetor \mathbf{R} está sobre a linha do equador,

$$\mathbf{R}(t) = R_0 \cos(\omega t)\mathbf{i} + R_0 \sin(\omega t)\mathbf{k}, \quad (7)$$

cujo módulo é dado por,

$$R = \sqrt{R_0^2 \cos^2(\omega t) + R_0^2 \sin^2(\omega t)} = R_0, \quad (8)$$

não se altera no tempo, o que significa que no plano xz , na linha do equador, uma partícula na superfície do esferoide realiza um movimento circular de raio R_0 .

Para o tratamento matemático que será considerado posteriormente para a construção da nossa animação/simulador é útil definirmos H em termos de R_0 , então escrevemos, $H = \alpha R_0$, no qual α é um fator adimensional que define o grau

de deformação do esferoide cujo valor deve compreender, $0 \leq \alpha \leq 1$ isso significa que se $\alpha = 1$ o esferoide reduz-se a forma esférica. Faremos a mesma consideração para a altura h de uma dada órbita representando-a como,

$$h = \lambda H = \lambda \alpha R_0, \text{ sendo, } 0 \leq \lambda \leq 1.$$

De um modo geral, o raio de uma órbita situada a uma dada altura h pode ser obtido da relação vetorial entre \mathbf{r} , \mathbf{h} e \mathbf{R} (conforme a Figura 12). Assumindo,

$$\mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + z(t)\mathbf{k} \text{ e } \mathbf{h} = \lambda \alpha R_0 \mathbf{j} \quad (9)$$

temos então que,

$$\mathbf{h} + \mathbf{r} = \mathbf{R} \Rightarrow x(t)\mathbf{i} + \lambda \alpha R_0 \mathbf{j} + z(t)\mathbf{k} = R_0 \text{sen} \theta \cos(\omega t) \mathbf{i} + \alpha R_0 \cos \theta \mathbf{j} + R_0 \text{sen} \theta \text{sen}(\omega t) \mathbf{k}, \quad (10)$$

A igualdade acima é verdadeira somente se $x(t) = X(t)$, $z(t) = Z(t)$ e também, $\cos \theta = \lambda$. Dessa última informação obtemos: $\theta = \arccos(\lambda)$. Com isso o vetor $\mathbf{r}(t)$ torna-se,

$$\mathbf{r}(t) = R_0 \text{sen} \theta \cos(\omega t) \mathbf{i} + R_0 \text{sen} \theta \text{sen}(\omega t) \mathbf{k}, \quad (11)$$

e seu módulo r independe de t , ou seja,

$$r = \sqrt{x^2 + z^2} = R_0 \text{sen} \theta \quad r(t) = \sqrt{X^2 + Z^2} = R_0 \text{sen} \theta, \quad (12)$$

assim, a uma distância h da linha do equador a partícula movimenta-se numa órbita circular no plano xz de raio $r < R_0$ como mostrado na Figura 12. Na situação particular em que substituirmos $\theta = \pi/2$ em (10) e (11), o que corresponde a órbita na linha do equador ($h = 0$, , pois, $\lambda = 0$), teremos: $\mathbf{r}(t) = \mathbf{R}(t)$ e também $r = R_0$.

À partir da derivada temporal das componentes de $\mathbf{R}(t)$ em (6) podemos determinar as componentes da velocidade da partícula,

$$\begin{cases} v_x(t) = \frac{dX}{dt} = -\omega R_0 \text{sen}\theta \text{sen}(\omega t) \\ v_y(t) = \frac{dY}{dt} = 0 \\ v_z(t) = \frac{dZ}{dt} = \omega R_0 \text{sen}\theta \text{cos}(\omega t) \end{cases} \quad (13)$$

Assim, o vetor velocidade é igual a,

$$\mathbf{V}(t) = -\omega R_0 \text{sen}\theta \text{sen}(\omega t) \mathbf{i} + \omega R_0 \text{sen}\theta \text{cos}(\omega t) \mathbf{k}, \quad (14)$$

e o seu módulo é,

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_z^2} = \omega R_0 \text{sen}\theta, \quad (15)$$

que é constante no tempo. Pode-se verificar através da expressão (12) que num dado instante t a direção de $\mathbf{v}(t)$ é sempre tangente a trajetória circular.

Além disso, a partícula possui ainda uma aceleração sempre direcionada para o centro da circunferência de sua órbita. Suas componentes são as derivadas das equações em (10),

$$\begin{cases} a_x(t) = \frac{dv_x}{dt} = -\omega^2 R_0 \text{sen}\theta \text{cos}(\omega t) \\ a_y(t) = \frac{dv_y}{dt} = 0 \\ a_z(t) = \frac{dv_z}{dt} = -\omega^2 R_0 \text{sen}\theta \text{sen}(\omega t) \end{cases}$$

Na forma vetorial a aceleração tem a forma,

$$\mathbf{a}(t) = -\omega^2 R_0 \text{sen}\theta \text{cos}(\omega t) \mathbf{i} - \omega^2 R_0 \text{sen}\theta \text{sen}(\omega t) \mathbf{k}, \quad (16)$$

com módulo constante no tempo,

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_z^2} = \omega^2 R_0 \sin\theta \quad (17)$$

Pretendemos agora encontrar o vetor velocidade angular $\boldsymbol{\omega}$, o que pode ser feito pelo produto vetorial definido por,

$$\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r} \quad (18)$$

substituindo os vetores \mathbf{v} e \mathbf{r} obtidos anteriormente na relação (18), temos,

$$\begin{aligned} & -\omega R_0 \sin\theta \sin(\omega t) \mathbf{i} + \omega R_0 \sin\theta \cos(\omega t) \mathbf{k} = \\ & (\omega_x \mathbf{i} + \omega_y \mathbf{j} + \omega_z \mathbf{k}) \times [R_0 \sin\theta \cos(\omega t) \mathbf{i} + R_0 \sin\theta \sin(\omega t) \mathbf{k}] \\ & -\omega R_0 \sin\theta \sin(\omega t) \mathbf{i} + \omega R_0 \sin\theta \cos(\omega t) \mathbf{k} = \omega_y R_0 \sin\theta \sin(\omega t) \mathbf{i} \\ & + [\omega_z \cos(\omega t) - \omega_x \sin(\omega t)] R_0 \sin\theta \mathbf{j} - \omega_y R_0 \sin\theta \cos(\omega t) \mathbf{k} \end{aligned} \quad (19)$$

A igualdade na expressão (19) é verdadeira somente se as componentes equivalentes em ambos os lados forem iguais. Comparando a primeira e a última vemos que ambas resultam em, $\omega_y = -\omega$, a componente y da velocidade angular é o negativo do seu próprio módulo. Consequentemente temos que: $\omega_x = \omega_z = 0$. Portanto,

$$\boldsymbol{\omega} = -\omega \mathbf{j} \quad (20)$$

Esse resultado indica que o vetor velocidade angular $\boldsymbol{\omega}$ de rotação do esferoide é constante e sempre perpendicular ao plano da órbita circular que a partícula realiza independentemente do seu posicionamento angular θ na superfície. Embora os cálculos foram considerados para o movimento no sentido horário, trataremos o movimento de rotação no sentido anti-horário, fazendo, $\boldsymbol{\omega} = \omega \mathbf{j}$, na expressão (20).

4 – O PRODUTO EDUCACIONAL

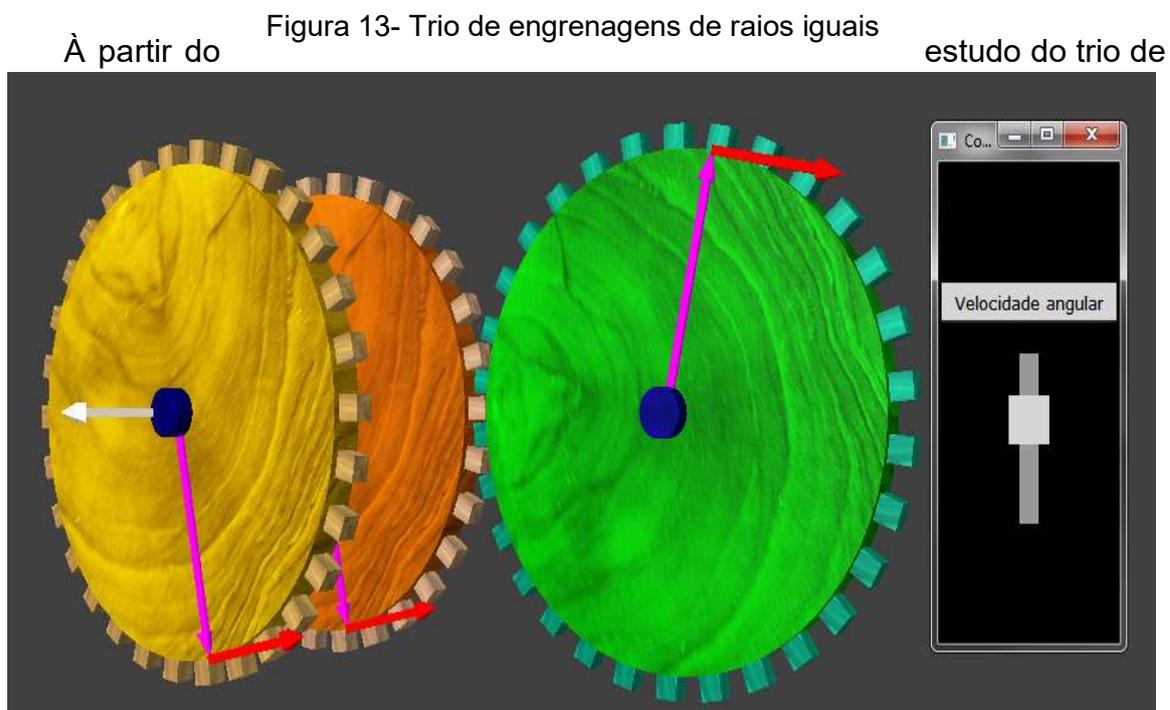
Quando estamos na sala de aula do mundo contemporâneo para ensinar física e refletimos sobre qual material com potencial pedagógico poderia nos auxiliar, pensamos frequentemente nas Tics como um dos instrumentos preferidos para essa finalidade. Já citamos anteriormente algumas vantagens na sua aplicação. Seguindo essa linha, vamos utilizar o vpython por ser uma plataforma acessível e de fácil manuseio e com uma visão 3D atrativa, sendo portanto, um ambiente pedagógico propício para o ensino de física. O assunto escolhido para trabalhar com os alunos foi o movimento circular uniforme, faremos isso por meio da simulação computacional de duas situações: o primeiro simulador trata de um trio de engrenagens interligadas e o outro simula a rotação da Terra na concepção de uma partícula fixa na sua superfície. Os detalhes dos simuladores serão apresentados agora nas seções à seguir.

4.1 – ENGRENAGENS

A primeira simulação refere-se a uma abordagem cinemática da rotação de três engrenagens interligadas girando com velocidade angular constante. Essa escolha foi feita pensando também numa aplicação, as engrenagens se apresentam como dispositivo de funcionamento de muitas máquinas e veículos em geral. Vamos tratar esse problema de duas formas: considerando as engrenagens de tamanhos (raios) iguais e depois com tamanhos diferentes. Os dois casos estão mostrados nas figuras 13 e 14 respectivamente. As engrenagens nas cores amarela e laranja estão ligadas pelo mesmo eixo enquanto as engrenagens laranja e verde estão conectadas pelos seus dentes. Esses dois tipos de conexões revelam semelhanças e diferenças no comportamento dos seus movimentos de rotação dependendo do valor dos seus raios. As engrenagens que compartilham o mesmo eixo produzem uma volta completa no mesmo intervalo de tempo, porém isso não ocorre com as engrenagens acopladas pelos dentes (exceto o caso em que elas possuírem o mesmo raio). Em outras palavras, se o par de engrenagens laranja-verde tiver raios distintos ele girará com velocidade angular diferente do par amarelo-laranja. O

intuito disso é que aluno possa identificar e analisar essas situações e então apontar o que muda e o que não muda no movimento das engrenagens. O motivo do simulador conter um aspecto de aplicação na vida real é transmitir ao aluno a ideia de que existe uma finalidade no aprendizado dos conceitos envolvidos.

Como forma de facilitar a interatividade do aluno com o simulador, foi inserida uma alavanca na animação que permite selecionar um valor para a velocidade angular do par de engrenagens amarelo-laranja, dentro de um intervalo que vai de um valor mínimo até um máximo. Essa regulagem possibilita que o aluno observe/identifique as proporções e variações relacionadas as grandezas físicas, velocidade angular (ω), velocidade linear (v) e o raio (r) que definem o movimento de cada engrenagem, podendo ser investigadas através de seus valores (módulos) e também das suas representações vetoriais incorporadas no simulador, essa relação está expressa pela equação 4 anteriormente descrita na seção 3.1 desse trabalho.

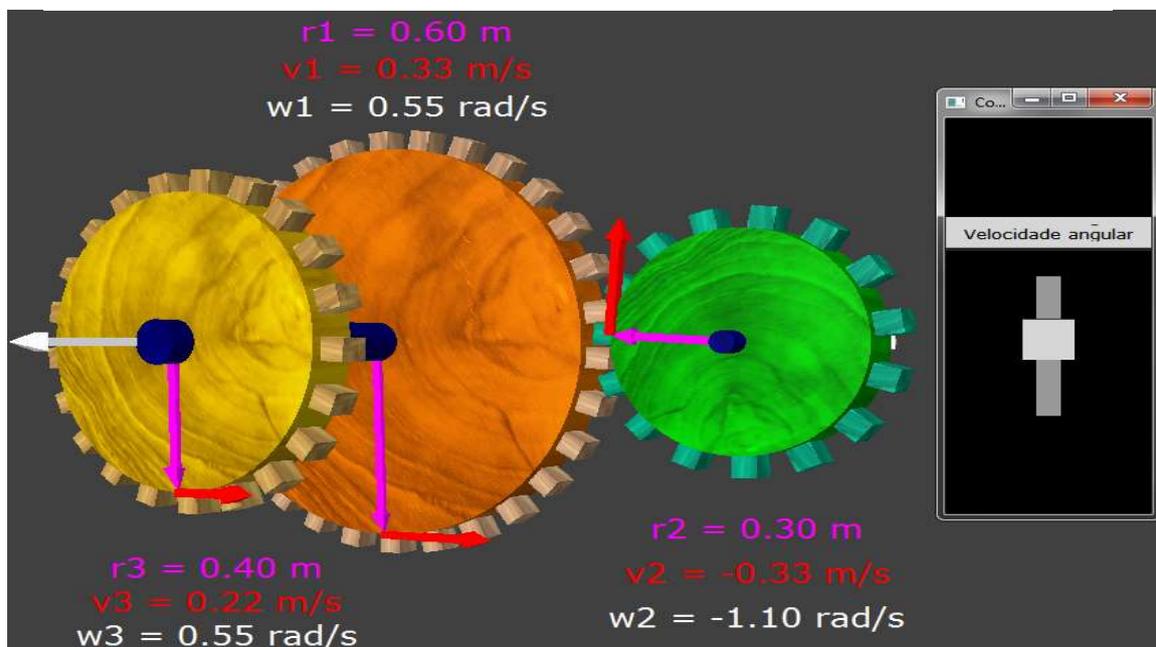


Fonte: Arquivo próprio

engrenagens proporcionado por meio desses elementos virtuais constituintes do simulador pretendemos não somente conceder o aprendizado dos conceitos envolvidos mas também despertar a curiosidade e o interesse do aluno para esse tema, conduzindo-o desse modo para o entendimento mais amplo de outros

sistemas com funcionamentos semelhantes, tais como: combinação de catracas e coroa do jogo de marchas de uma bicicleta, motores e polias, além de outros.

Figura 14 - Trio de engrenagens de raios diferentes



Fonte: Arquivo próprio

4.2 – ROTAÇÃO DA TERRA

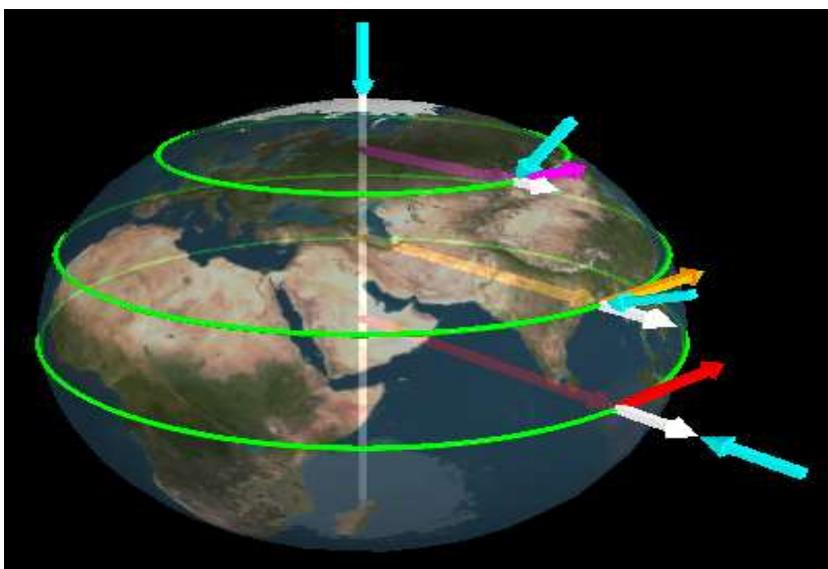
O outro simulador integrante do nosso produto educacional foi construído inspirado na discussão realizada no livro de física básica de mecânica do autor Moysés Nussenzveig (vol. 1 – seção 13.6 – pág. 301) baseada no movimento de rotação da Terra, girando com velocidade angular constante. Três partículas fixadas em diferentes pontos ao longo da superfície da Terra acompanham a sua rotação realizando, cada uma, um movimento circular uniforme em relação ao eixo de rotação conforme mostrado na figura 15, imagem capturada do simulador. As distâncias perpendiculares das partículas ao eixo de rotação, e suas velocidades lineares, tangentes à superfície da Terra, associadas a cada partícula, estão representadas pelos vetores vermelhos, laranjas e roxos respectivamente. As linhas verdes correspondem a trajetória circular de raios diferentes que as

partículas descrevem ao redor do eixo, e estando fixas na Terra descrevem uma volta completa no mesmo intervalo de tempo. Existe também uma quarta partícula considerada no simulador e está posicionada sobre o eixo de rotação, e portanto a sua velocidade linear é nula. O movimento é discutido adotando-se um referencial não inercial de modo que a força centrífuga (representada pelo vetor na cor branca) sentida por cada partícula seja considerada no problema. A força centrífuga depende diretamente do quadrado da velocidade de rotação ω da Terra e da distância ρ do eixo de rotação, ou seja,

$$F_{cent} = m\rho\omega^2,$$

e assume o papel de explicar a deformação provocada na Terra transformando-a no formato de um esferóide oblato (conforme Moysés, vol. 1, pág. 202). Uma outra força que também atua sobre as partículas é a força gravitacional representada no simulador pelo vetor de cor azulada.

Figura 15 - Movimento de rotação da Terra



Fonte: Arquivo

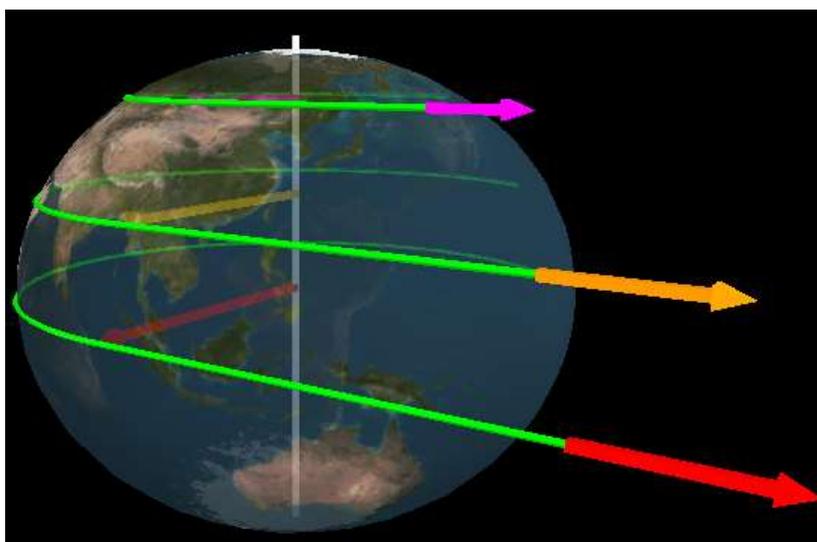
É importante frisar que nesse simulador optamos em promover uma discussão com aspecto qualitativo no problema, isso significa que nem todos os valores assumidos para as grandezas físicas correspondem aos da situação real. Os valores de algumas grandezas, como o da força centrífuga, foram inclusive exagerados com o intuito de facilitar a visualização do efeito ocasionado por ela na

deformação da Terra já que esse efeito é na realidade bastante fraco pois a velocidade angular da Terra é muito pequena, sendo da ordem de $\omega \sim 10^{-5}$ rad/s.

Como no caso das engrenagens, esse simulador é também constituído por uma alavanca que permite selecionar/escolher um valor para a velocidade angular da Terra. Com isso o aluno poderá alterá-lo e assim acompanhar e compreender os efeitos e as mudanças que estão vinculadas a essa velocidade.

A figura 16, representa a mesma situação discutida anteriormente mas agora com a velocidade de rotação da Terra fixada, ou seja, desativamos a possibilidade de alterar o seu valor. Nessa situação o aluno poderá, no instante que desejar, desligar todas as forças que atuam nas partículas clicando no botão do mouse. Ele deverá então lembrar que de acordo com a segunda lei de Newton, um corpo em movimento ausente de forças se deslocará em linha reta com velocidade linear constante. Mas de acordo com o nosso problema as partículas possuem velocidades lineares diferentes, portanto após desligar as forças haverá alguma discrepância nos seus movimentos que agora serão trajetórias retilíneas.

Figura 16 - Lançamento tangencial na ausência de força



Fonte: Arquivo próprio

5 – METODOLOGIA

Apresentaremos nesse capítulo a sequência didática considerada nesse trabalho, fundamental para a aplicação do nosso produto educacional, as animações computacionais discutidas no capítulo anterior. Antes falaremos um pouco do local de trabalho e da turma participante desse projeto.

5.1 - DESCRIÇÃO DO LOCAL E DA TURMA EM QUE FOI APLICADO O PRODUTO

O trabalho realizado nesse mestrado ocorreu no Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) campus Confresa situada no município de Confresa-MT. Hoje o campus está localizado em um bairro ao leste da cidade, denominado Santa Luzia.

Sua concepção desde o início, com a realização da primeira audiência pública em dezembro de 2007, foi de atender a vocação produtiva da região do Norte Araguaia, o seu raio de atuação chega a 500 km.

Sua área corresponde a aproximadamente 50 ha (cinquenta hectares) contando hoje com dezoito salas de aulas, uma biblioteca, dois alojamentos - um feminino e outro masculino, oito laboratórios e plantas didático-produtivas em construção (como frigorífico, avicultura de corte/postura, suinocultura, áreas de cultivo e pecuária). Tendo o Campus Confresa o compromisso e pretensão de torna-se modelo.

Iniciou suas atividades no ano de 2010 oferecendo inicialmente o curso técnico em agropecuária, técnico em alimentos, bacharelado em Agronomia, Licenciatura em Ciências Agrícolas e Licenciatura em Ciências da Natureza com habilitação em Química. (IFMT, p. 9, 2015)

Sua expansão continuou acontecendo e hoje além de novos cursos como, Licenciaturas em Física e Biologia, também conta com cursos de Técnico em Agroindústria (que substituiu o de Técnico em Alimentos), proeja em Técnico em Comércio e subsequente em Controle Ambiental.

A implementação do nosso trabalho ocorreu na turma do primeiro ano do ensino médio desse campus, tendo como planejamento a utilização total de onze

(11) horas aulas, sendo: uma (01) para o diagnóstico de conhecimento do assunto, quatro (04) para a apresentação da teoria, quatro (04) para parte prática com o simulador e duas (02) destinadas a avaliação final para verificação de compreensão do conteúdo.

Os alunos ingressos no IFMT (campus Confresa) de uma maneira geral apresentam bastante dificuldades com os conteúdos de matemática e de português, consideradas como as áreas que mais afetam o aprendizado dos conceitos físicos. Esse histórico é característico da região que por um bom tempo foi esquecida pelos gestores, mas vem mudando nos últimos anos com o amplo desenvolvimento das fronteiras agrícolas, comerciais e industriais local, e juntamente com essa expansão o ensino também tem melhorado. Citamos que ainda existem salas multisseriadas, essa categoria prevalecia em toda região até pouco tempo, porém hoje somente existe esse tipo de sala na zona rural e em projetos de assentamentos (PA) dessa região.

A primeira expansão educacional que vem contribuindo para a melhoria do ensino regional foi a chegada do Instituto Federal que contribuiu não só com seu quadro de servidores bem qualificado, mas também com a capacitação dos profissionais de áreas diversas incluindo os da educação. Tal ação vem contribuindo para o bom desenvolvimento do ensino quiçá na Região Norte Araguaia.

Temos no IFMT de Confresa turmas bastante heterogêneas, contendo alunos preparados mas também existe um grande percentual de alunos com bastante carência de conteúdos. Aliado a isso temos ainda um grande desafio em desmistificar a "*disciplina de física*". Os alunos apresentam um aspecto de rejeição pela disciplina tida como "*bicho de sete cabeças*", e desfazer isso é um trabalho complicado, mas que pode ser mudado proporcionando os conceitos de física ao aluno através de uma metodologia apropriada, associada a um material (produto) com características pedagógicas que possa envolver o aluno no decorrer do desenvolvimento da atividade.

A turma na qual foi aplicada o nosso produto educacional não foi diferente dessa situação, eles apresentaram por exemplo, grande dificuldade na interpretação de textos e na compreensão dos conceitos de vetores e do

movimento retilíneo uniforme, que são de grande importância para a compreensão do movimento circular uniforme. Houve também dificuldade na discussão sobre movimentos retilíneo uniforme e circular uniforme. Existe uma tendência em associar o movimento uniforme com a ausência de força (e portanto de aceleração), é muito comum o aluno pensar que se o módulo da velocidade linear de um objeto é constante no seu movimento circular, a grandeza vetorial velocidade também é constante.

Assim foi apresentada e exercitada antecipadamente a teoria relacionada aos movimentos, a fim de preparar os alunos para o entendimento da física que será aplicada nos nossos simuladores. Esse conteúdo faz parte do plano de ensino da instituição dentro da disciplina de física oferecida ao primeiro ano do ensino médio. Os conteúdos da teoria trabalhados com os alunos foram: vetores, movimento retilíneo uniforme e movimento retilíneo uniformemente variado.

5.2 – ETAPAS DE APLICAÇÃO DO NOSSO TRABALHO

Primeiramente foi realizada uma conversa prévia com os alunos sobre o projeto e seus objetivos para ciência e compreensão de todo o enredo no qual o trabalho se estruturava. Houve em seguida, a aplicação de um questionário que encontra-se no apêndice II dentro do produto educacional, com questões tipo testes relacionadas ao nosso tema: o movimento circular uniforme. Esse questionário prévio é importante pois ele nos fornece uma referência da relação dos alunos com o tema, ou seja, verificamos o que eles têm de informações a respeito do movimento circular uniforme.

Após essa etapa foram elaboradas aulas teóricas expositivas, baseadas nas informações obtidas no questionário prévio, utilizando *slides* e projetor multimídia (*data show*) que permitiu discutir o tema, estimulando com o auxílio de imagens motivação das discussões *in loco* sobre o tema em sala de aula.

Os alunos também tiveram atividades extraclasse para fixação do conteúdo, sendo promovido posteriormente correções e discussões dos resultados, e desse

modo os preparando ainda mais para as atividades destinadas ao nosso produto educacional.

Transcorrido essa etapa de apresentação do conteúdo, eles então tiveram contato com o produto em duas etapas, primeiro para interagir com o simulador das engrenagens e depois com o simulador do movimento de rotação da Terra. Os detalhes dos resultados obtidos na aplicação do produto, ou seja, dos simuladores, serão discutidos no próximo capítulo.

Na etapa final desse trabalho foi aplicado mais um questionário de avaliação de conhecimentos mas agora com o intuito de verificar se houve aprendizado do conteúdo intermediado pelos simuladores. Nesse questionário, os alunos também puderam expor suas opiniões sobre tudo o que foi considerado. A análise dos resultados coletados será feita de um modo muito simples, não será promovido qualquer tipo de aprofundamento e tratamento estatístico. O intuito é compreender se as atividades decorrentes do nosso produto foram proveitosas, pretendendo com isso proporcionar conhecimento e também despertar o interesse por assuntos pertinentes ao domínio da física.

À seguir mostramos a tabela 1 resumindo as etapas constituintes do nosso trabalho e a sequência das suas execuções.

Tabela 1 - Descrição das etapas de aplicação do produto

Data	Nº de horas-aulas	Tópico	Recurso
12/06	Uma	Conversa geral sobre o desenvolvimento das etapas do trabalho e aplicação do questionário diagnóstico	Questionário previamente elaborado de questões múltiplas escolhas com justificativas ao final da resposta marcada.
15/06	duas	Teoria de Movimento Circular Uniforme	Aula expositiva – utilizando os recursos lousa e projetor multimídia – desenvolvimento de atividades extra classe com posterior correção.
19/06	duas	Teoria de Movimento Circular Uniforme	Aula expositiva dialogada – utilizando pequenos vídeos de aplicação desse movimento em máquina/equipamentos e dos movimentos de satélites e órbitas dos planetas. Desenvolvimento de atividades complementares
26/06	duas	Aplicação do produto - Engrenagens	Computadores – laboratório de informática
03/07	duas	Aplicação do produto – movimento da Terra	Computadores – laboratório de informática
10/07	duas	Questionário Avaliativo	Aplicação do questionário abordando o conteúdo ministrado na sequência didática.
		Questionário Pesquisa de Opinião.	Aplicação do questionário sobre a opinião dos alunos com relação a metodologia aplicada.(produto)

5.3 – OS ALUNOS EM ATIVIDADE COM OS SIMULADORES

A aplicação do produto aconteceu em um espaço na biblioteca destinado ao estudo com uso de computadores, conforme mostrados nas fotos 1, 2 e 3, pois o espaço destinado ao laboratório de informática da instituição estava em reforma.

O número reduzido de máquinas disponíveis foi o que contribuiu para que tivéssemos que acomodar dois alunos por máquina.

Foto 1 - Aula teórica apresentação do projeto



Fonte: Arquivo próprio

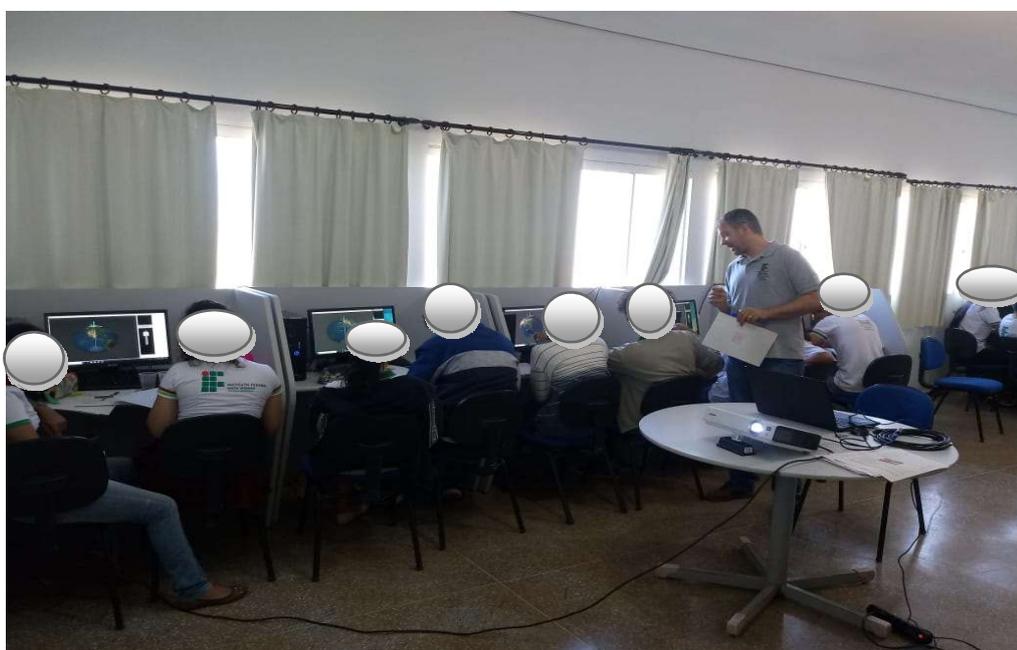
Um guia/roteiro associado a cada simulador foi entregue aos alunos para que pudesse auxiliá-los durante a realização da atividade virtual. Cada roteiro continha perguntas e questionamentos que permitiam, juntamente com a interação com o simulador, incentivar a curiosidade do aluno com o tema. Isso não significa que eles permaneceram amarrados as etapas que compunham o guia. É importante salientar que todas as etapas/passos do roteiro foram repetidas pelos alunos o número de vezes necessário para a compreensão dos problemas. E que em cada etapa os alunos eram estimulados a fazer reflexões sempre apoiada/embasada na teoria apresentada previamente, a qual ficou disponível para consulta e revisão durante a interação dos alunos com as simulações. Os alunos também puderam recorrer ao professor em qualquer momento. Os detalhes dos roteiros está apresentado no apêndice II.

Foto 2 - Aula com simulador (engrenagens)



Fonte: Arquivo próprio

Foto 3 - Aula simulador (movimento de rotação da Terra)



Fonte: Arquivo próprio

6 – DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Nesse capítulo mostraremos os resultados obtidos da análise dos questionários aplicados antes e depois da prática do nosso produto educacional. Os resultados referentes a cada questão foram divulgados através de gráficos no formato de “pizza”, no entanto antes de apresentá-los é importante ter a ciência de que nenhuma pesquisa formal e também nenhum tratamento de caráter estatístico foram realizados nesse trabalho.

6.1 QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

Uma forma conveniente de promover o aprendizado de algum conteúdo é verificar primeiro o nível de conhecimento dos alunos a respeito do conteúdo que se pretende ensinar. Com essa intenção preparamos um pré-teste afim de apontar os aspectos relevantes que os alunos possuem sobre o movimento circular uniforme, e assim nos fornecer uma direção para o preparo das aulas e otimizar o tempo normalmente curto que dispomos para promover o aprendizado.

Nesse contexto escolhemos os resultados selecionados de seis questões que julgamos relevantes para elencarmos nossa discussão, as demais questões que constituem esse questionário estarão disponíveis no apêndice II desse trabalho.

Questão 01 - O que é força centrípeta? Dê alguns exemplos em que ela está presente.

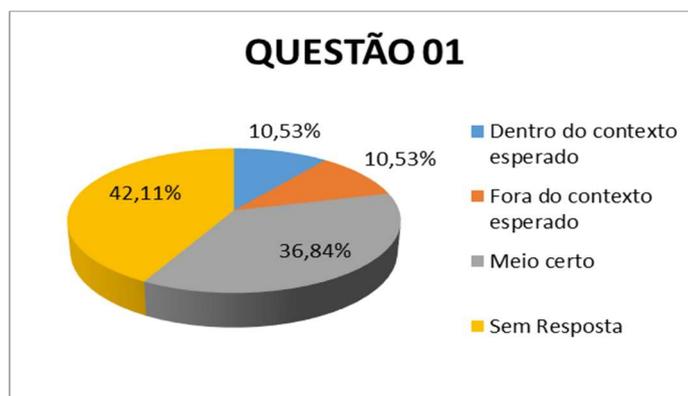


Gráfico 1 - Percentual das respostas da primeira questão

Notamos que a maioria dos alunos não responderam a questão e uma boa parte responderam uma parte dela, mas não souberam citar algum exemplo e nesse caso foi considerado "meio certo".

Vejamos algumas respostas que alguns alunos deram para essa pergunta que julgamos dentro do padrão, considerando o fato de que eles não haviam visto esse conteúdo.

Aluno A - "Uma força que está presente em movimentos circulares que puxa o corpo para o centro".

Aluno B - "É a força de movimento onde tende a puxa um corpo para o centro".

Aluno C - "Força que é voltada para o centro".

Aluno D - "É a força do objeto tendendo ir para o centro".

Aluno E - "Força centrípeta é a força que sempre puxa para o centro de um círculo".

Houve respostas que estavam fora do contexto esperado. "Força centrípeta é a que tende a ser lançada para fora", e "é uma força que precisa de alguma precisão". Alguns alunos escreveram somente que não entenderam a pergunta ou que não tem conhecimento sobre o que foi perguntado. Alguns exemplos citados foram: hélice de ventilador, engrenagens de uma bicicleta, estágio de uma máquina de lavar roupas.

Questão 02 - Defina e explique o que são velocidades linear e angular.

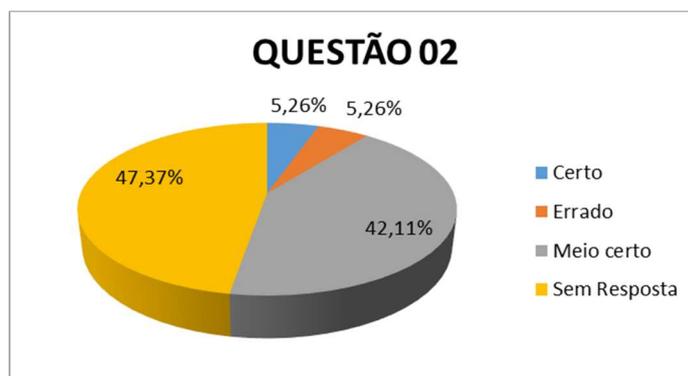


Gráfico 2 - Percentual das respostas da segunda questão (pré-teste)

Nessa questão percebemos também um número elevado de alunos que não responderam ou que disseram não haver conhecimento sobre o assunto. Existe um percentual que definiram somente o que é velocidade, mas não conseguiram diferenciar a linear da angular.

Citamos uma resposta a qual consideramos dentro do esperado, ainda que esteja um pouco confusa e duvidosa.

Aluno X - "Velocidade linear é fruto da razão entre a variação da posição pelo tempo", "angular: expressa o valor da medida do arco de uma circunferência descrito por um objeto dentro de um intervalo de tempo".

Embora em algumas respostas percebemos que o aluno tenha uma noção do que é perguntado a sua resposta não condiz com o esperado.

Aluno F- "Linear é quando um objeto se move em linha reta e angular o objeto se move com alterações do ponto A ao B".

Questão 03 - O que tem de característico no movimento circular uniforme de um objeto?

a - () a velocidade linear (vetor) do objeto não se altera;

b - () O valor (módulo) da velocidade linear é constante;

c - () O objeto não possui aceleração;

d - () Não existe força sobre o objeto.



Gráfico 3 - Percentual das respostas da terceira questão(pré-teste)

Essa questão foi de múltiplas escolhas na qual teria uma resposta apenas para marcar como correta, porém os alunos teriam que justificar a resposta escolhida para que não expressasse simplesmente um "chute". Vemos no resultado

dessa questão (gráfico 03) que o número de erros foi muito grande, boa parte dos alunos marcaram letra “c” sendo que a resposta correta seria a letra “b”. A escolha pela letra “c” baseou-se no fato de ser movimento uniforme e assim eles relacionaram a aceleração à uma mudança da velocidade. As respostas que foram consideradas "meio certo" no teste referem-se aos alunos que marcaram o item correto mas não justificaram, não possibilitando identificar se realmente possuíam conhecimento sobre o assunto ou se foi simplesmente um "chute".

Questão 06 - Cite três situações do cotidiano em que ocorre o movimento circular.

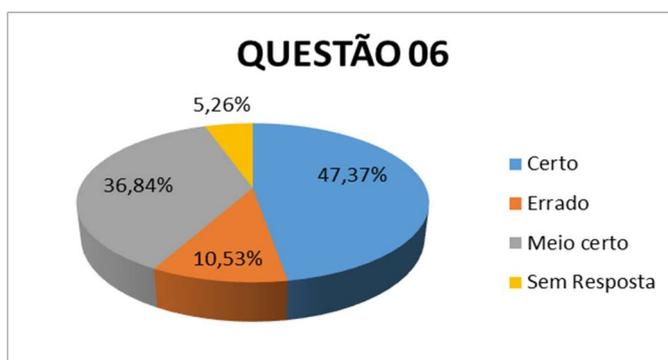


Gráfico 4 - Percentual das respostas da sexta questão(pré-teste)

Nessa questão o aluno deveria livremente apresentar situações que entendiam estar associadas ao movimento circular uniforme. Os resultados foram os seguintes: a maioria dos alunos descreveram corretamente. Uma outra parte, também com percentual elevado, classificados como “meio certo” por não terem apontado os três exemplos. Entretanto se formos analisar com menos critério os alunos com “meio certo” conseguiram de alguma forma identificar o movimento circular e isso nos daria uma taxa de acerto bem maior do que o mostrado no gráfico 04.

Concluimos então que eles conseguem em seu dia-a-dia identificar esse tipo de movimento, ou seja, não é algo estranho a rotina deles, porém ao serem questionados sobre os conceitos formais, eles responderam que não os conheciam. Percebe-se em algumas respostas como - *Ponteiros de um relógio, pneu de uma bicicleta quando está em movimento, bola, carro fazendo uma rotatória entre outras.*

As questões 07 e 08, estão embasadas na figura a seguir (figura 02 do questionário). Elas são de múltiplas escolhas em que o aluno deverá marcar somente uma resposta, a correta, e ao final justificar a opção escolhida.

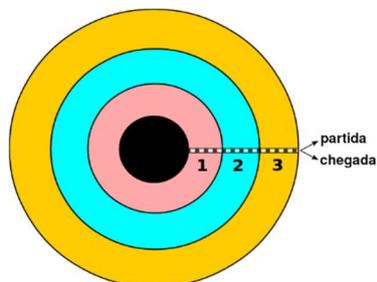


Figura 02 – Arquivo próprio

Três atletas posicionados em cada uma das raias 1, 2 e 3, disputarão uma corrida cujo percurso corresponde a uma volta completa na pista circular ilustrada na figura 2.

Questão 07 - Considerando que eles iniciam a corrida no mesmo instante percorrendo todo o trajeto com as mesmas velocidades lineares, qual(is) corredor(es) deve(m) vencer a corrida?

- a - () O corredor da raia 3.
 b - () Não existirá um único vencedor pois todos chegarão ao mesmo tempo.
 c - () O corredor da raia 1.
 d - () O corredor da raia 2.
 e - () Não existirá um único vencedor pois os corredores das raias 1 e 2 chegarão juntos.

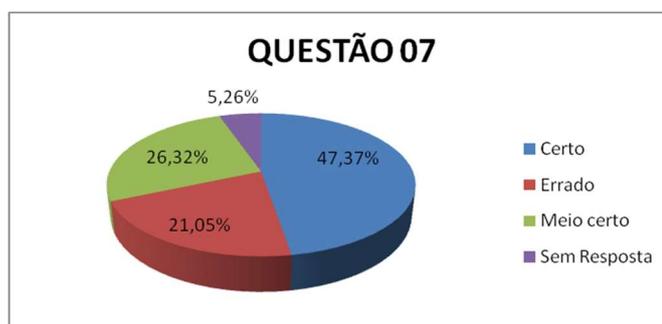


Gráfico 5 - Percentual das respostas da sétima questão

Sendo a alternativa “c” a resposta correta, quase a metade dos alunos marcaram corretamente (em torno de 47% no gráfico 05). Em conversa com os alunos posteriormente ficou claro que o motivo não é por entender ou diferenciar o

significado de velocidade linear ou angular, mas o acerto foi por dedução. Vejamos algumas justificativas dadas para a assertiva dessa questão:

Aluno I - "Porque o corredor estava mais perto do centro".

Aluno E - "A distância percorrida era menor".

Aluno J - "Como a circunferência era menor, com isso será vencedor".

O mesmo padrão utilizado foi usado para as questões "meio certo", marcaram o item, mas não o justificaram.

Questão 08 - *Para que o corredor da raia 3 termine a corrida junto com o da raia 1, o que deve acontecer supondo que eles larguem no mesmo instante?*

a - () *Ele deve ter velocidade angular menor que o da raia 1.*

b - () *Ele deve ter velocidade angular maior que o da raia 1.*

c - () *Ambos devem ter a mesma velocidade angular.*

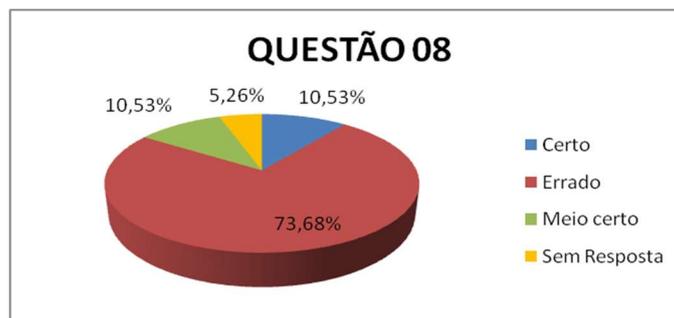


Gráfico 6 - Percentual das respostas da oitava questão

Novamente a resposta correta é a letra "c" e a grande maioria dos alunos marcaram algum item errado. Se compararmos com o resultado obtido da questão anterior e observarmos os relatos de conversas posteriores realizadas com os alunos, já citado anteriormente, percebemos que o conhecimento deles sobre o movimento circular uniforme é empírico, eles relacionam o nome com o formato "circular" conforme exemplos apontados na questão 06.

6.2 QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

Nessa seção, serão discutidos os resultados obtidos após a apresentação do conteúdo sobre movimento circular uniforme em seus âmbitos gerais, teoria e prática, porém concentraremos a discussão nos resultados referentes a aplicação do nosso produto educacional, os simuladores virtuais criados na plataforma vpython.

Os resultados dessa atividade foram avaliados por um questionário final, constituída por questões de múltipla escolha em que o aluno deveria justificar a resposta elegida. Cito ainda que as discussões também levam em consideração conversas com os alunos durante e após as aulas reservadas para a execução desse projeto, observando inclusive a atitude comportamental dos alunos durante as atividades desenvolvidas nessas aulas.

É bom lembrar que os números presentes nos gráficos à seguir não serão analisados de forma quantitativa pois para isso necessitaria de uma avaliação mais rigorosa e profunda, eles fornecerão apenas um indicativo de ter ocorrido aprendizado referente ao conteúdo escolhido para esse trabalho.

A seguir serão apresentadas algumas das questões integrantes do pós-teste e os comentários relativos aos resultados adquiridos em cada questão.

Questão 02 - Com base nas aulas práticas com os simuladores, assinale a(s) situação(ões) em que ocorre o movimento circular uniforme:

a - () Na caminhada de uma pessoa numa avenida reta.

b - () Na roda de uma moto.

c - () Ao beber uma água.

d - () Em um carro contornando uma rotatória.

e - () Na hélice de um ventilador.

f - () No movimento de um satélite em órbita.

Nessa questão os alunos deveriam marcar as letras “b”, “d”, e, “f”. Como podemos observar no gráfico 07 mais de 80% dos alunos marcaram as alternativas corretas com as suas devidas justificativas.

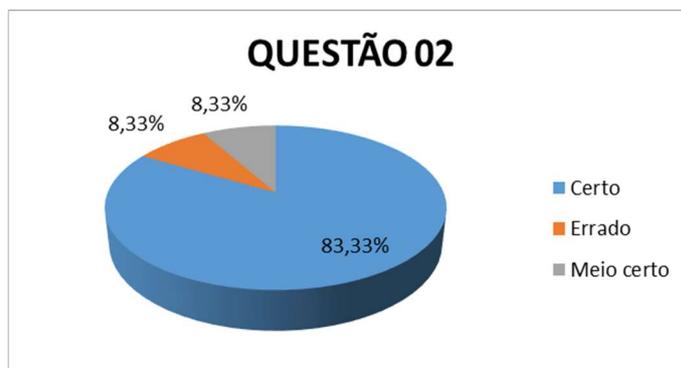


Gráfico 7 - Percentual das respostas da segunda questão(questionário avaliativo)

Se comparado com a questão 06 da primeira avaliação onde boa parte dos alunos não certaram por completo a questão, percebe-se uma possível evolução dos estudantes na associação do movimento circular e seu cotidiano.

Questão 04 - Assinale a proposição que representa corretamente o movimento circular uniforme de um objeto:

a - () Não existe força atuando sobre o objeto.

b - () A velocidade linear(vetor) do objeto não se altera.

c - () O movimento circular do objeto é uniforme porque não possui aceleração

d - () O valor (módulo) da velocidade linear é constante.

e - () Nenhuma das alternativas estão corretas.



Gráfico 8 - Percentual das respostas da quarta questão(questionário avaliativo)

A alternativa que os alunos deveriam marcar como item correto e justificar era a letra “d”, sendo que pouco mais de 90% marcou e justificou corretamente esse item. Se comparado com o questionário inicial, a questão 3 onde a grande maioria marcou a alternativa errada, podemos identificar que houve um crescimento conceitual sobre o assunto abordado usando os simuladores, atingindo quase 92% de acerto.

Em conversa com os alunos em sala os mesmos relataram que não entendiam o assunto formalmente sobre Movimento Circular Uniforme, alguns ainda relataram que confundiram com o Movimento Retilíneo Uniforme, no tocante à aceleração do objeto.

Questão 05 - Observe a figura e responda: Três carros de corrida posicionados em cada uma das raias (1-rosa, 2-azul e 3-amarela). Considerando que eles iniciam a corrida no mesmo instante percorrendo todo o trajeto com a mesma velocidade linear, qual(is) carro(s) deve(m) vencer a corrida.

a - () O carro da raia 2.

b - () Não existirá um único vencedor pois todos chegarão ao mesmo tempo.

c - () O carro da raia 1.

d - () O carro da raia 3.

e - () Não existirá um único vencedor pois os carros das raias 2 e 3 chegarão juntos.

f - () Nenhuma das alternativas estão corretas.

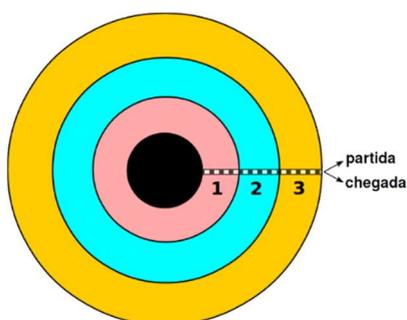


Figura 02 – Arquivo próprio

Esperávamos que os mesmos interpretassem a figura 02 do questionário final que também estava na primeira atividade e respondesse entendendo o papel da velocidade linear no movimento circular uniforme. Observamos que boa parte respondeu corretamente, promovendo uma relação da distância da raia com o centro da circunferência.



Gráfico 9 - Percentual das respostas da quinta questão

Durante as aulas finais percebemos através do relato dos alunos que essa relação se deu pela comparação das atividades realizadas com os simuladores das engrenagens de tamanhos diferentes e do movimento de rotação da Terra, onde foram mostrados que existe uma relação de proporcionalidade entre o raio (distância do eixo) e as velocidades linear e angular

Questão 06 - Observando a imagem do simulador das engrenagens (figura x⁷), marque a resposta correta. Com relação as engrenagens 1 e 2 (ambas acopladas pelo mesmo eixo), o que podemos afirmar sobre as velocidades.

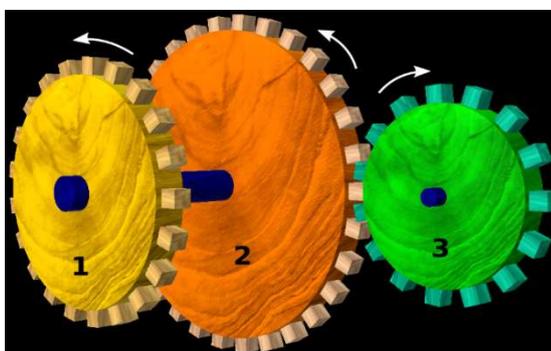


Figura x - Arquivo próprio

- a-()) As velocidades lineares das engrenagens são iguais.**
b-()) A velocidade angular da engrenagem 1 é menor que o da engrenagem 2.
c-()) A velocidade linear da engrenagem 1 é maior que o da engrenagem 2.
d-()) As velocidades angulares das engrenagens são iguais.
e-()) Nenhuma das alternativas estão corretas.

Sendo a letra “d” a resposta correta dessa questão, podemos notar no gráfico 10 que quase a maioria respondeu corretamente. Como justificativas dadas pelos alunos, cito duas que marcou todo o entendimento:

- 1) *como estão acopladas pelo mesmo eixo elas giram juntas terminando a volta completa ao mesmo tempo;*
- 2) *mesmo sendo de tamanhos diferentes estão acopladas ao mesmo eixo de rotação por isso terão velocidades angulares iguais.*



Gráfico 10 - Percentual das respostas da sexta questão(questionário avaliativo)

Questão 10 - Se a ação que promove essa trajetória do objeto for cessada (desligada) no instante indicado na figura 1 abaixo⁸, pelo seu vetor velocidade (seta azul), qual será a direção do movimento do objeto a partir desse instante.

⁸ Figura 1 do questionário final (não há como mudar), por isso a mesma está como número 1 – não faz referência a figura já citada no capítulo 2 dessa dissertação possuindo o mesmo número.

Itens a marcar:

- a - () I;**
b - () II;
c - () III;
d - () IV;
e - () V.

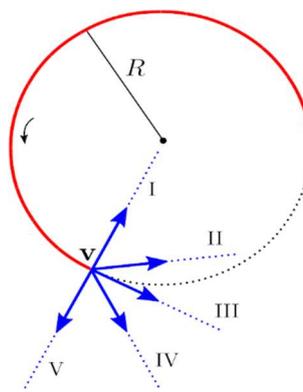


Figura 1 - Arquivo Próprio

A questão 10 se assemelha a questão 03, elas fazem referência ao escape de um objeto (segundo a alternativa “c”) que se move numa trajetória circular, caso a força que atua sobre ele seja por um algum motivo desligada. Como ambas tiveram acertos acima de 80%, citaremos a última. O gráfico 11 mostra que o número de acerto foi de 91% contendo algumas justificativas que marcam positivamente o resultado dessa questão.



Gráfico 11 - Percentual das respostas da décima questão

Contudo, os questionários foram importantes nos fornecendo informações relevantes a respeito do aprendizado dos alunos sobre o movimento circular uniforme. Mas além deles, existem outras formas que também podem revelar de forma qualitativa evidências de que houve aprendizado do conteúdo, podemos citar: a atitude dos estudantes e o envolvimento deles nas atividades pedagógicas, questionamentos e discussões ocorridas entre os alunos e o docente e entre eles

na sala de aula. Houve ainda encontros informais fora da sala de aula, nos quais os alunos apontavam e discutiam situações do dia a dia ligadas ao movimento circular.

6.3 QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

Nesse subitem, serão mostrados alguns dos resultados obtidos após a aplicação do produto, permeando a teoria e prática desse trabalho, onde serão esboçados nos gráficos à seguir.

Perguntamos aos alunos: ***A prática com simulador virtual contribuiu para o seu aprendizado?*** . Todos sem hesitarem responderam que sim, concordando que essa metodologia contribui bastante para percepção do conteúdo.

Ainda nessa perspectiva perguntamos a eles o quanto essa prática contribuiu para o seu aprendizado, boa parte deram notas (de zero a dez) entre oito (8) e dez (10) conforme o gráfico 12.

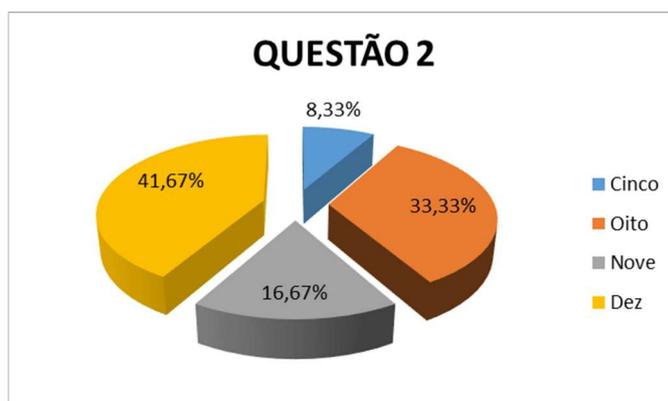


Gráfico 12 - Representando em porcentagem as respostas da segunda questão (questionário de opinião)

Apresentamos um relato feito pelos alunos após a aula prática com o simulador. Segundo eles o simulador ajudou bastante pois a interação e a riqueza visual proporcionada pelos movimentos das engrenagens permitiram enxergar semelhanças e diferenças existentes nas grandezas velocidades, o que *antes era somente conhecimento abstrato e superficial agora tornou-se em algo com sentido em suas cabeças.*

Também foi questionado se a teoria discutida antecipadamente a prática foi importante para o aprendizado, obtivemos os resultados mostrados no gráfico 13:

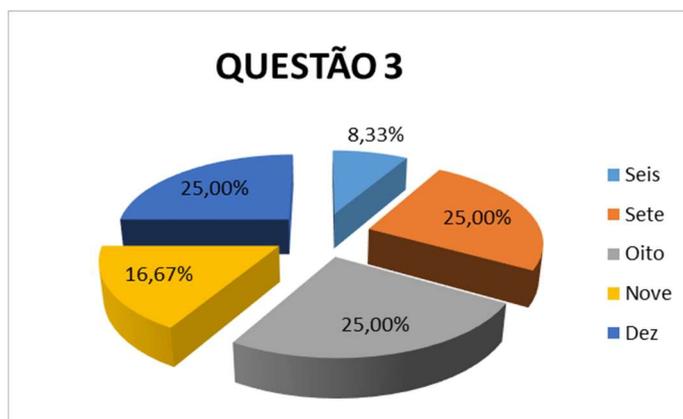


Gráfico 13 - Representando em porcentagem as respostas da terceira questão (questionário de opinião)

A maioria dos alunos mantiveram as notas entre oito (8) e dez (10), e assim podemos estabelecer que ambas são de extrema importância para o entendimento do conteúdo e que são complementares. Consultamos também os alunos perguntando: ***Qual atividade que mais contribuiu para o seu aprendizado: teórica, prática ou as duas igualmente?***

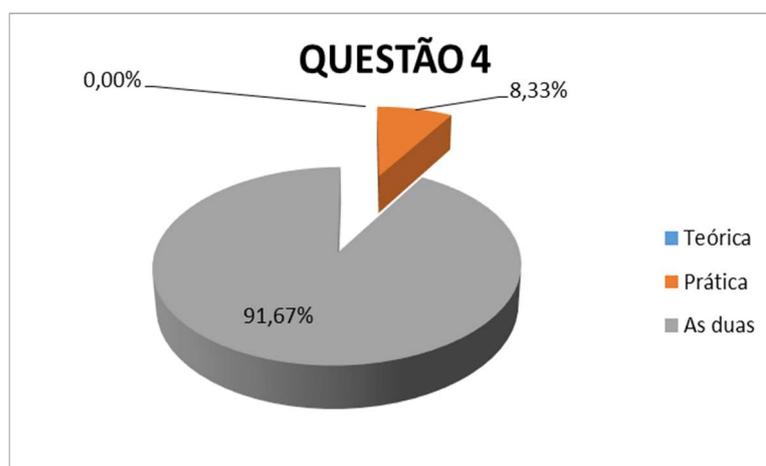


Gráfico 14 - Representando em porcentagem as respostas da quarta questão (questionário de opinião)

De acordo com o gráfico 14 vemos que a maioria afirmou serem as duas atividades, dando-nos a ideia de que na ausência de uma delas o aprendizado dos conceitos pode ficar comprometido.

Diante de tudo o que expusemos finalizamos esse projeto pedagógico com a certeza do papel cumprido, isto é, de que levamos aos alunos conhecimento e motivação em aprender, com a confiança de que tenha nascido uma transformação no seu modo de ver a física e assim o docente exercendo o seu papel de educador. Concluimos nossas discussões nas palavras de Oliveira (p.4, 2014), “Ensinar bem não significa repassar os conteúdos, mas levar o aluno a pensar, criticar. Percebe-se que o professor tem a responsabilidade de preparar o aluno para se tornar um cidadão ativo dentro da sociedade, apto a questionar, debater e romper paradigmas.”

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com nossos pensamentos, que também vem de encontro com outros estudos, como o de Oliveira, (2014), é que entendemos que o papel do professor é imprescindível no processo de ensino/aprendizagem. Essa importância se dá na condução das atividades desenvolvidas com os alunos, e que devemos repensar em nossas práticas pedagógicas, enfrentando os desafios, planejando, adaptando, trazendo mudanças e inovações na forma de trabalhar e conduzir a sala de aula. Assim se faz necessário a mudança na maneira de se ensinar.

Enfrentando e vencendo esse desafio (como mostrou os resultados), é que aplicamos a intervenção com os simuladores computacionais, criados por nós em Vpython, onde essa metodologia agregada com uma boa base teórica previamente estudada é que promoveu os bons resultados colhidos pela atividade.

Cito em minhas considerações finais que me emocionei muito com um fato que ocorreu dias depois de terminado a aplicação do produto educacional, onde tive a oportunidade "flagrar" e de registrar, um projeto que estava sendo executado no laboratório (mostrado nas fotos 4 e 5, a seguir), em que um grupo de alunos após participarem das etapas do nosso trabalho, discutiam sobre a rotação de uma broca colocada em uma furadeira de bancada quando a polia mudava de posição, discutindo assim o movimento circular uniforme.

Ao levarmos em conta todos esses indicativos podemos afirmar, sem quantificar, de que há sinais de aprendizado do tema escolhido para esse trabalho, levando em consideração que eles levaram para a aplicação em seu dia-a-dia os conceitos visto em sala de aula.

Foto 4 - Polias de uma furadeira de bancada



Fonte: Arquivo próprio

Foto 5 - Alunos discutindo movimento circular uniforme



Fonte: Arquivo próprio

Considero que alcançamos os resultados esperados, é que finalizamos o projeto com a certeza de um papel cumprido e da continuação dessa prática no exercício docente cumprindo assim o papel do educador que nada mais é de formar pessoas independentes na maneira de pensar,

Também devido a grande relevância observada no desenvolvimento do projeto vejo grande a necessidade de dar continuidade do mesmo em minha carreira docente.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Luzinês Novais de; SILVA, George Barbosa da. **Estudo de órbitas planetárias utilizando simulações numéricas simples co Python**. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado - Programa de Pós-graduação em Ensino de Física em Rede Nacional - Profis, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Araguaia, Barra do Garças, 2016. Disponível em: <http://pos.cua.ufmt.br/ppgprofis/inc/uploads/2017/04/TextoDissertacao_Luzines_2016.pdf>. Acesso em: 20 maio 2019.

ALMEIDA, Adrielle Aparecida de. **Contribuição para o estudo do uso de aplicativos de smartphone no ensino de Física**. 2015. 54 f. Monografia (Especialização) - Curso de Licenciatura em Física, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015. Disponível em: <<http://app.uff.br/riuff/bitstream/1/adrielle%20Almeida.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

ARAÚJO, Jucélio Costa *et al.* **Realidade Virtual Como Apoio ao Ensino do Movimento Harmônico Simples na Física**. 2019. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/267557830>>. Acesso em: 01 jul. 2019

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 2, n. 25, p.1-24, 17 abr. 2003.

ASSIS, Bruna Camargo Soares de. **Simulações Computacionais 3D no VPYTHON: Um ambiente de aprendizagem Para a Física dos Flúidos**. 2017. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Profis, Universidade Federal de Mato Grosso, Barra do Garças, 2017. Disponível em: <<http://pos.cua.ufmt.br/ppgprofis/dissertacoes/bruna-camargo-soares-de-assis-2/>>. Acesso em: 11 fev. 2019

BELARMINO, Jeferson Ferreira; SOUSA, Robson Batista de; COUTINHO, Brauner Gonçalves. **Simulações e Modelagem Computacional em 3D do Movimento de Projéteis Como Ferramenta de apoio ao Ensino de Física**. In: IV CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 4., 2017, João Pessoa. João Pessoa: Realize, 2017.

v. 1, p. 1 - 12. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV073_MD1_SA19_ID5172_11092017165341.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2019.

COSTA, Luciano Gonçalves; BARROS, Marcelo Alves. **O Ensino da física no Brasil: problemas e desafios**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (EDUCERE), XII, 2015, Curitiba. Anais, Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 2015. p. 10982. Disponível em: <https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/21042_8347.pdf> Acesso em: 23 out. 2018.

DUNCKE, Rosangela Becker. **Animações Computacionais Como Recursos Para o Ensino de Física**. 2016. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Profis, Universidade Federal de Mato Grosso, Pontal do Araguaia, 2016. Disponível em: <<http://pos.cua.ufmt.br/ppgprofis/dissertacoes/rosangela-becker-duncke-4/>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no Computador: O Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 03, p.259-272, 2003. Disponível em: <www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_259.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

IFMT. Instituto Federal de Mato Grosso. **Projeto Pedagógico de Curso de Licenciatura em Física**. Confresa, MT, 2014.

Ministério da Educação (Org.). **Parâmetros Curriculares Nacionais**. 2014. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018

NASCIMENTO, M.L.F. *et al.* **Laboratório virtual de Física: Gravitação**. In: V ENCONTRO CIENTÍFICO DE FÍSICA APLICADA, 4., 2014, Domingos Martins. Domingos Martins: Blucher, 2014. v. 1, p. 1 - 2. Disponível em: <<https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/laboratrio-virtual-de-fsica-gravitao-11000>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica: Mecânica 1**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2002.

OLIVEIRA, Wilandia Mendes de. **Uma Abordagem Sobre o Papel do Professor no Processo Ensino/Aprendizagem**. **S@aber**, Londrina, v. 23, n. 111, p.1-12, jan.

2014. Trimestral. Disponível em:
<<https://www.inesul.edu.br/revista/index.php?vol=28>>. Acesso em: 01 out. 2019.

SILVA, Danilo Moraes da. PYTHON: **História e Ascendência**. Revista Portuguesa de Programação - PROGRAMAR, v. 2018, p. 96-99, 2018.

SILVA, Marley Guedes da. **O Uso do Aparelho Celular em Sala de Aula**. 2012. 51 f. Monografia (Especialização) - Curso de Mídias na Educação, Universidade

SOUSA, Eliane França de. **Aprendizagem das leis de Newton por meio de simulação na linguagem computacional Python**. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação da Universidade Federal de Roraima no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (mnpf), Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2016. Disponível em:
<http://www1.fisica.org.br/mnpf/sites/default/files/dissertacao_eliane.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2019.

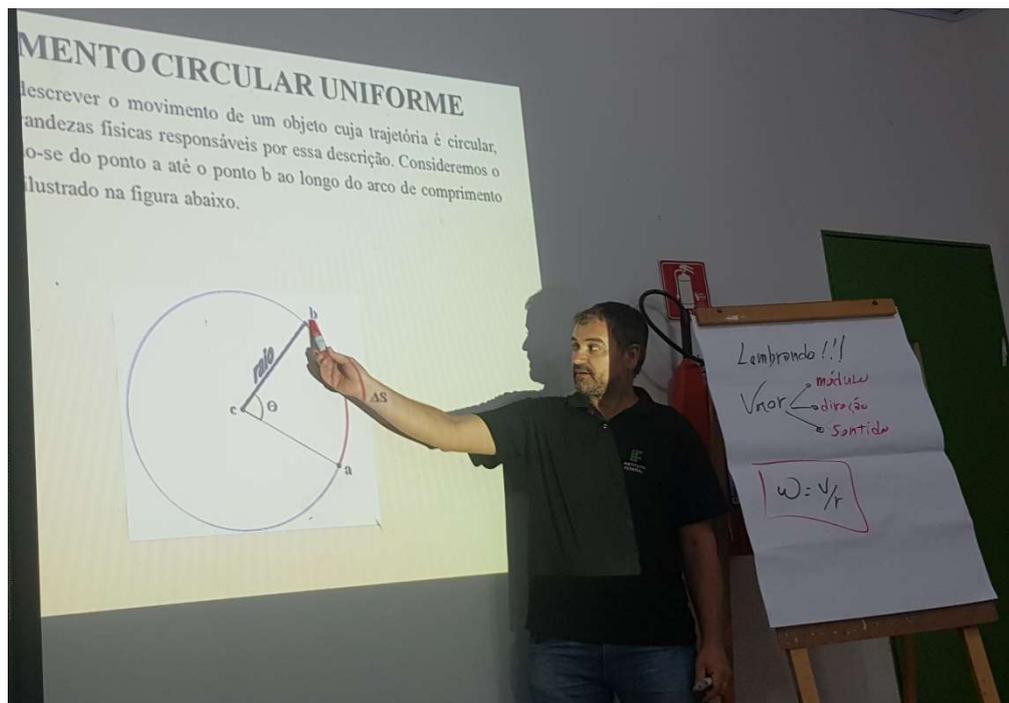
SOUZA FILHO, Carlos Alberto de. *et al.* **Uso do Python como laboratório virtual na Física**. In: IX JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. Recife. UFRPE. 2009. Disponível em:
<<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0966-1.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

UTIEL, Wagner. KIRNER, Claudio. **Realismo Visual em Ambientes Interativos como Ferramentas de Auxílio à Educação**. CINTED-UFRGS - Novas Tecnologias na Educação, V. 7 N° 1, Julho, 2009. disponível em
<<http://seer.ufrgs.br/renote/article/viewFile/13907/7816>> acesso em: 27 de fev. 2019.

VEIT, E.a.; TEODORO, V. D.. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 2, n. 24, p.87-96, jun. 2002. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v24n2/a03v24n2.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

APÊNDICE I – Fotos das aulas

Foto 6 - Aula teórica



Fonte: Arquivo Próprio

Foto 7 - Aula simulador engrenagens



Fonte: Arquivo Próprio

Foto 8 - Aula simulador Terra



Fonte: Arquivo Próprio

Foto 9 - Aula questionário avaliativo da metodologia



Fonte: Arquivo Próprio

APÊNDICE II – Produto Educacional



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO ARAGUAIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**APRENDENDO O MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME COM O
AUXÍLIO DO AMBIENTE VIRTUAL 3D VPYTHON**

Agnaldo Gonçalves Borges Junior

Produto educacional da dissertação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, intitulada Aprendendo o Movimento Circular Uniforme com o Auxílio do Ambiente Virtual 3D Vpython, sob orientação do Prof. Dr Fabízio Myaki Alves, junto ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Mato Grosso

Barra do Garças
2020

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
RECOMENDAÇÕES PARA O USO DO AMBIENTE DE AULA.....	4
BOAS PRÁTICAS EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.....	4
QUESTIONÁRIO 01 - DIAGNÓSTICO.....	6
GUIA AUXILIAR NA APLICAÇÃO DAS ANIMAÇÕES.....	11
I) ENGRENAGEM	11
II) TERRA	14
CÓDIGO FONTE DO SIMULADOR - ENGRENAGENS.....	16
FIGURA ILUSTRATIVA do simulador - Engrenagens com cursor mudança de velocidade angular	21
CÓDIGO FONTE DO SIMULADOR - TERRA (COM CURSOR DE MUDANÇA DA VELOCIDADE ANGULAR).....	22
FIGURA ILUSTRATIVA DO SIMULADOR MOVIMENTO ROTACIONAL DA TERRA - Com cursor de mudança da velocidade angular.....	28
CÓDIGO FONTE - TERRA (LANÇAMENTO DE OBJETOS).....	29
FIGURA ILUSTRATIVA DO SIMULADOR MOVIMENTO ROTACIONAL DA TERRA - Lançamento de objetos..	35
QUESTIONÁRIO 02 - AVALIATIVO.....	36
QUESTIONÁRIO 03 - AVALIAÇÃO METODOLÓGICA DAS ATIVIDADES	41
LINK PARA ACESSO ÀS SIMULAÇÕES DESTE PRODUTO	43

APRESENTAÇÃO

O objetivo deste trabalho "produto educacional", é que o professor possa utilizar essa ferramenta pedagógica para discutir movimentos de corpos associados com trajetória curvilínea (em particular daqueles com trajetória circular), sendo a aplicação central em Movimento Circular Uniforme. Citamos como exemplo o movimentos de rotação da Terra e também conjuntos de engrenagens acopladas(uso geral em motores e outros).

O produto educacional desenvolvido nesse programa, tem como objetivo principal, auxiliar o professor em sala de aula na aplicação dos conteúdos, podendo ser utilizado como metodologia facilitadora para a compreensão, fixação de conteúdo assim como para visualização das aplicações em seu dia-a-dia.

Nosso trabalho utiliza o ambiente virtual 3D Vpython, onde o mesmo proporciona como foco o uso das animações de física, tendo como objetivos mais específicos:

- 1 - Atuar como instrumento facilitador da compreensão do conteúdo;
- 2 - Incentivar o aprendizado da teoria, promovendo discussões com os demais alunos;
- 3 - Tornar o momento de aula mais descontraídas promovendo um maior interesse dos alunos para disciplina assim como para o conteúdo;
- 4 - Mostrar a aplicação prática da física no cotidiano e na natureza;
- 5 - Desenvolver no aluno pleno interesse em aprender física;
- 6 - Proporcionar um espírito crítico da aplicação das leis da física;
- 7 - Propiciar aos alunos a capacidade de discutir e interagir uns com os outros através de grupo de discussão.

Assim nosso anseios é que esse trabalho de atividade prática/experimental, contribua para o auxilio no desenvolvimento da aplicação dos conceitos em sala

de aula, atuando assim como um método que auxilie tanto para o docente como para o aluno.

RECOMENDAÇÕES PARA O USO DO AMBIENTE DE AULA

Preferencialmente usar em laboratório de informática da escola, porém pode ser utilizados em sala de aula usando equipamentos dos próprios alunos.

Não possui risco de acidente, exceto o aluno não cumpra as diretrizes de uso do espaço.

Lembre-se por mais que não haja risco de acidente a segurança e o sucesso ao realizar uma atividade experimental está apoiada em todos - o professor como orientador e o aluno como executor, devendo haver em toda equipe a responsabilidade da execução da mesma. Porém é bom lembrar que o professor é o maior responsável nessa atividade.

O sucesso de todo trabalho teórico/prático está no planejamento antecipado das atividades, teste antes do uso cada equipamento assim como os programas, para que na hora não ocorra surpresas desagradáveis.

BOAS PRÁTICAS EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

- ✓ Antes de iniciar uma atividade prática, é importante conhecê-la, assim como o ambiente de execução e os equipamentos.
- ✓ Evite uso de bebidas de qualquer natureza para que não corra o risco de danificar os equipamentos.
- ✓ Não permita o uso de qualquer outro equipamento que não seja o do desenvolvimento do simulador para que a atividade não se disperse.
- ✓ Evite conversas paralelas e brincadeiras, elas são desnecessárias, pois tira a atenção e o foco dos demais.
- ✓ Importante lembrar que você também é parte de uma equipe e a principal responsabilidade sobre todos e sobre o desenvolvimento da atividade é sua como professor.
- ✓ A segurança depende da ação de todos e do cumprimento das regras do local de uso, não mexa no que não lhe é permitido.

- ✓ Tome como hábito planejar as atividades que vai realizar, de modo a executá-lo com segurança.
- ✓ Conheça as principais características dos produtos que vai manipular, tenha em mãos este guia para consulta frequente.
- ✓ Proporcione ao seu aluno momentos de discussão, interação sobre a atividade, dê liberdade para que eles façam perguntas sanando todas as dúvidas sobre o assunto.

QUESTIONÁRIO 01 - DIAGNÓSTICO

1 - O que é força centrípeta? Dê alguns exemplos em que ela está presente.

2 - Defina e explique o que são velocidades linear e angular.

3 - O que tem de característico no movimento circular uniforme de um objeto?

- a - () a velocidade linear(vetor) do objeto não se altera;
- b - () O valor (módulo) da velocidade linear é constante;
- c - () O objeto não possui aceleração;
- d - () Não existe força sobre o objeto.

Justifique sua resposta:

4 - Assinale quais as grandezas físicas abaixo que estão envolvidas no movimento circular uniforme?

- a - () aceleração centrípeta (m/s^2);
- b - () tempo (s);
- c - () aceleração angular (rad/s^2);
- d - () massa (kg)
- e - () temperatura (Kelvin)
- f - () velocidade angular (rad/s);

Justifique sua resposta:

5 - Um objeto com velocidade linear v realiza um movimento circular uniforme de acordo com a figura 1.

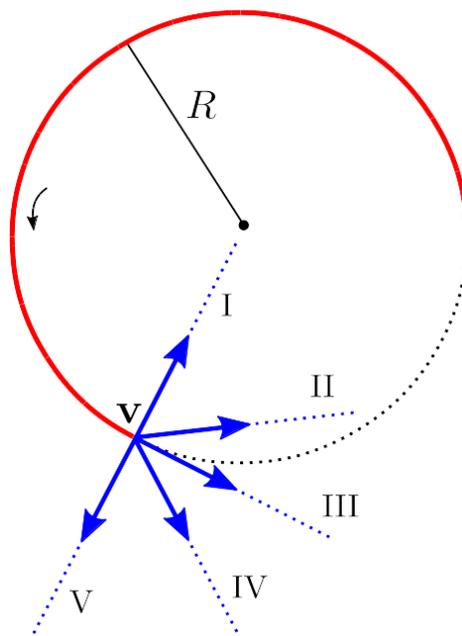


Figura 1

Se a ação que promove essa trajetória do objeto for cessada (desligada) no instante indicado na figura pelo seu vetor velocidade (seta azul), qual será a direção do movimento do objeto a partir desse instante?

- a - () I;
- b - () II;
- c - () III;
- d - () IV;
- e - () V.

Justifique a sua resposta:

6 - Cite três situações do cotidiano em que ocorre o movimento circular.

Três atletas posicionados em cada uma das raias 1, 2 e 3, disputarão uma corrida cujo percurso corresponde a uma volta completa na pista circular ilustrada na **figura 2** à seguir.

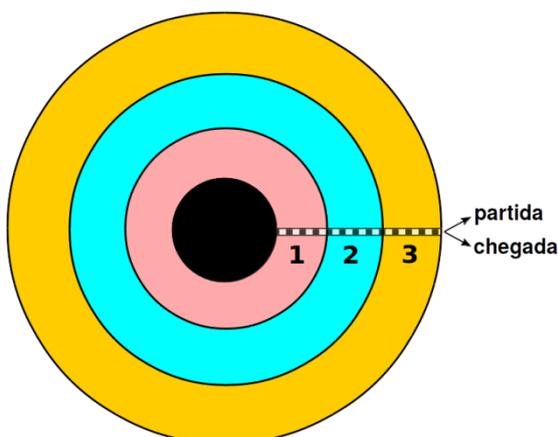


Figura 2

Com base nessas informações, responda as questões **7** e **8**.

7 - Considerando que eles iniciam a corrida no mesmo instante percorrendo todo o trajeto com as mesmas velocidades lineares, qual(is) corredor(es) deve(m) vencer a corrida?

- a - () O corredor da raia 3.
- b - () Não existirá um único vencedor pois todos chegarão ao mesmo tempo.
- c - () O corredor da raia 1.
- d - () O corredor da raia 2.
- e - () Não existirá um único vencedor pois os corredores das raias 1 e 2 chegarão juntos.

Justifique sua resposta:

8 - Para que o corredor da raia 3 termine a corrida junto com o da raia 1, o que deve acontecer supondo que eles larguem no mesmo instante?

- a - () Ele deve ter velocidade angular menor que o da raia 1.
- b - () Ele deve ter velocidade angular maior que o da raia 1.
- c - () Ambos devem ter a mesma velocidade angular.

Justifique sua resposta:

A figura 3, mostra três engrenagens de tamanhos (raios) diferentes realizando movimento circular uniforme, girando nos sentidos indicados na figura. As engrenagens 1 e 2 estão ligadas pelo mesmo eixo de rotação girando no mesmo sentido, e as engrenagens 2 e 3 estão acopladas pelos seus dentes e portanto girando em sentidos opostos. A engrenagem 2 possui o maior raio e a engrenagem 3 o menor raio.

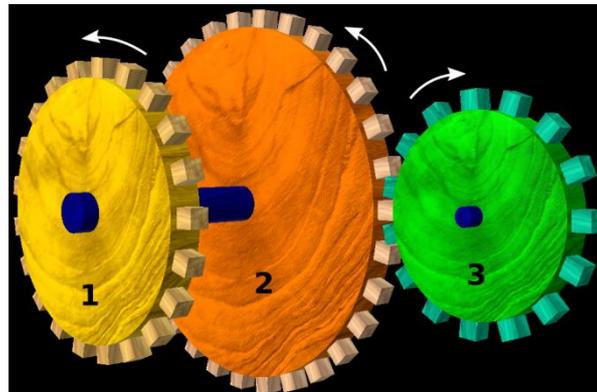


Figura 3

Com base nessas informações responda as questões **9** e **10**.

9 - Sobre os movimentos das engrenagens 1 e 2 podemos afirmar que em módulo:

- a - () a velocidade angular da engrenagem 1 é menor que o da engrenagem 2.
- b - () as velocidades angulares das engrenagens são iguais.
- c - () as velocidades lineares das engrenagens são iguais.
- d - () a velocidade linear da engrenagem 1 é maior que o da engrenagem 2.

Justifique sua resposta:

10 - Sobre os movimentos das engrenagens 2 e 3 podemos afirmar que em módulo:

a - () a velocidade angular da engrenagem 2 é maior que o da engrenagem 3.

b - () as velocidades angulares das engrenagens são iguais.

c - () as velocidades lineares das engrenagens são iguais.

d - () a velocidade linear da engrenagem 2 é menor que o da engrenagem 3.

Justifique sua resposta:

GUIA AUXILIAR NA APLICAÇÃO DAS ANIMAÇÕES

I) ENGRENAGEM

Essa animação é constituída por três engrenagens rotuladas por 1 (laranja), 2 (verde) e 3 (amarela): duas delas (1 e 3) estão sob o eixo esquerdo e uma (2) no eixo direito conforme ilustrado na figura A. As engrenagens 1 e 2 estão ligadas através de seus dentes.

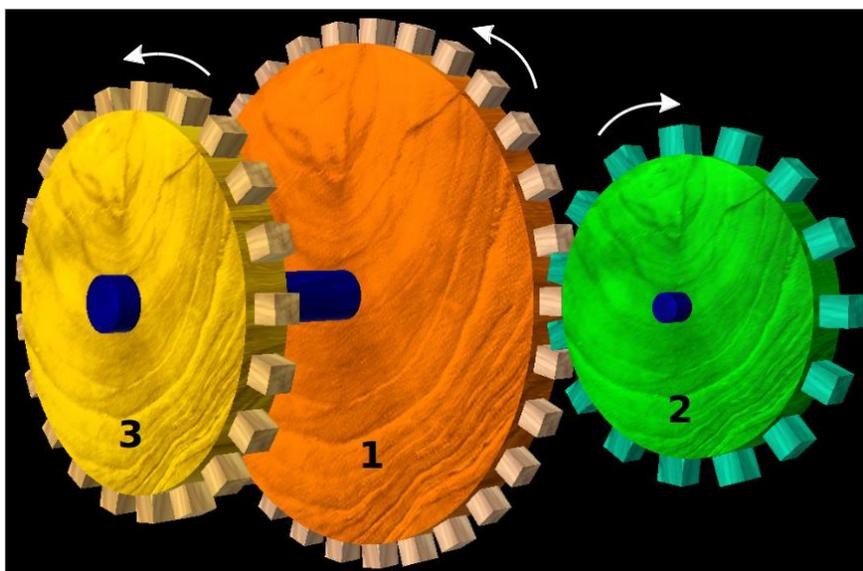


Figura A

Os vetores das grandezas físicas que descrevem a cinemática do movimento circular uniforme das engrenagens, velocidade linear (v), raio (r) e velocidade angular (ω), são mostradas na animação. Um clique do mouse permite visualizar os seus valores. Existe uma alavanca que permite alterar, de um valor mínimo até um máximo, a intensidade da velocidade angular de giro do eixo esquerdo. Já o eixo direito está livre para girar.

1). Com base nessas informações consideremos primeiro a situação em que os raios das três engrenagens são iguais. Desloque vagarosamente e gradativamente a posição da alavanca para mudar o valor da velocidade angular do eixo esquerdo e então observe e descreva o que ocorre com as velocidades v e ω de cada engrenagem.

2). Analisemos agora uma segunda situação considerando as três engrenagens com raios diferentes. Observa-se alguma mudança em relação a primeira situação? Em caso afirmativo aponte as semelhanças e diferenças existentes no par de engrenagens 1 e 2 e também no par 1 e 3. De acordo com a teoria do movimento circular uniforme vista em sala de aula explique por que isso acontece?

3). As engrenagens 1 e 2 realizam uma volta completa no mesmo intervalo de tempo? E as engrenagens 1 e 3? Discuta.

4). Reduzindo o raio da engrenagem 2 pela metade do raio da engrenagem 1, como fica a relação (razão) das velocidades angulares dos seus respectivos eixos? E o que ocorre com essas velocidades se o raio da engrenagem 2 diminuísse ainda mais?

5). Aponte uma vantagem (ou vantagens) como aplicação propiciada por esse sistema de engrenagens

OBS.: É importante dizer que todas as etapas (passos) apresentadas nesse guia sejam repetidas pelo aluno quantas vezes for necessárias para a compreensão do problema. E que em cada etapa o aluno faça uma reflexão sempre apoiado/embasado na teoria vista em sala de aula, podendo até mesmo consultá-la (revisá-la) novamente durante a sua interação com as animações.

II) TERRA

As próximas duas animações, tratam do movimento circular uniforme de três objetos em repouso localizados em diferentes pontos na superfície da Terra que gira com velocidade angular ω constante em relação a um eixo passando pelo seu centro.

A primeira animação permite mudar o valor de ω da Terra de zero até um valor limite. As grandezas vetoriais raio (cor vermelha), velocidade linear (cor laranja) e a força peso (cor azul), referentes a cada objeto, são mostradas na animação. Varie gradativamente o valor de “ ω ” e observe e analise as mudanças decorrentes.

1) Aumentando e posteriormente diminuindo o valor de “ ω ”, o que ocorre com a Terra? Discuta o que muda e o que não muda com o “ ω ”.

2). Para um dado “ ω ”, o tempo gasto (período) pelos três objetos completarem uma volta em torno da Terra é o mesmo ou não? Por que? Faça uma comparação com uma situação equivalente (análoga) presenciada no problema das engrenagens.

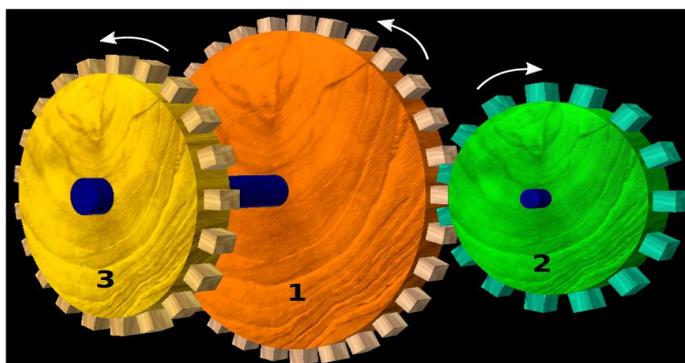


Figura A

3). No caso em que, $\omega \neq 0$, temos uma nova grandeza vetorial (na cor branca). Observe-a e descreva o seu comportamento para diferentes valores de " ω ". Discuta com o professor para saber mais detalhes sobre essa grandeza.

4). Consideremos que um quarto objeto seja colocado num ponto sobre um dos polos da Terra. De acordo com o movimento dos três objetos analisados anteriormente, o que podemos afirmar a respeito desse quarto objeto? Discuta.

5). Na segunda animação a velocidade angular da Terra está fixada. Supomos agora que tivéssemos alguma possibilidade de desligar as forças agindo sobre todos os objetos. Feito isso o que então aconteceria com os seus movimentos? Dê um clique no mouse durante a execução da animação para obter a resposta. Discuta o resultado obtido.

OBS.: É importante dizer que todas as etapas (passos) apresentadas nesse guia sejam repetidas pelo aluno quantas vezes for necessárias para a compreensão do problema. E que em cada etapa o aluno faça uma reflexão sempre apoiado/embasado na teoria vista em sala de aula, podendo até mesmo consultá-la (revisá-la) novamente durante a sua interação com as animações.

CÓDIGO FONTE DO SIMULADOR - ENGRENAGENS

```
from visual import*

from visual.controls import*

import math

scene = display(width=1200,height=1500,background=(0.25,0.25,0.25))

scene.range = 2.2 # zoom da tela (quando as engrenagens possuem raios
diferentes)

scene.ambient = 0.6

scene.forward = (-0.2,0.0,-0.3) # posicionamento da câmera

"""
def omega(valor):
    w1 = valor
"""

gira = (0.0,0.0,1.0)

fixa1 = frame()

fixa2 = frame()

re1 = 0.6 # raio da engrenagem 1

nr = 1; re2 = re1 / nr # raio da engrenagem 2 (o sincronismo entre as engrenagens
ocorre apenas para: nr = 1, 2, 3, 5, 6)

re3 = re1 # raio da engrenagem 3

larg = 0.1 # espessura das engrenagens

hc1 = 0.6 * larg # dimensões de cada dente (cubo) - engrenagem 1

hc2 = hc1 # dimensões de cada dente (cubo) - engrenagem 2

hc3 = hc1 # dimensões de cada dente (cubo) - engrenagem 3

engrena1 = cylinder(frame = fixa1, pos = (-re1 - 0.65*hc1,0.0,0.0), axis =
(0.0,0.0,1.0), radius = re1, length = larg,
color = color.orange, material = materials.wood)

pino1 = cylinder(frame = fixa1, pos = (engrena1.pos.x,engrena1.pos.y,-
engrena1.length/2), axis = (0.0,0.0,1.0), radius = re1/10, length = 0.8,
```

```
color = color.blue, material = materials.wood)
```

```
engrena2 = cylinder(frame = fixa2, pos = (re2 + 0.65*hc2,0.0,engrena1.pos.z),  
axis = (0.0,0.0,1.0), radius = re2, length = larg,  
color = color.green, material = materials.wood)
```

```
pino2 = cylinder(frame = fixa2, pos = (engrena2.pos.x,engrena2.pos.y,-  
engrena2.length/2), axis = (0.0,0.0,1.0), radius = re2/10, length = 0.2,  
color = color.blue, material = materials.wood)
```

```
engrena3 = cylinder(frame = fixa1, pos = (-re1 - 0.65*hc1,0.0,0.6), axis =  
(0.0,0.0,1.0), radius = re3, length = larg,  
color = color.yellow, material = materials.wood)
```

```
n1 = 31 # número de dentes da engrenagem 1
```

```
n2 = n1 # número de dentes da engrenagem 2 (iguais)
```

```
n3 = n1 # número de dentes da engrenagem 3 (iguais)
```

```
for i in arange(0,n1): # estrutura de repetição que gera n1 dentes na engrenagem  
1
```

```
    dentes1 = box(frame = fixa1, pos = vector((re1 + hc1/2) * cos(2 * i * pi / (n1 - 1)),  
(re1 + hc1/2) * sin(2 * i * pi / (n1 - 1)), engrena1.length/2) + engrena1.pos,  
                axis = (cos(2 * i * pi / (n1 - 1)), sin(2 * i * pi / (n1 - 1)), 0.0), size = (hc1,  
hc1, hc1), material = materials.wood)
```

```
for i in arange(0,n2): # estrutura de repetição que gera n2 dentes na engrenagem  
2
```

```
    dentes2 = box(frame = fixa2, pos = vector((re2 + hc2/2) * cos(2 * i * pi / (n2 - 1)),  
(re2 + hc2/2) * sin(2 * i * pi / (n2 - 1)), engrena2.length/2) + engrena2.pos,  
                axis = (cos(2 * i * pi / (n2 - 1)), sin(2 * i * pi / (n2 - 1)), 0.0), size = (hc2,  
hc2, hc2), color = color.cyan, material = materials.wood)
```

```
for i in arange(0,n3): # estrutura de repetição que gera n3 dentes na engrenagem  
3
```

```
    dentes3 = box(frame = fixa1, pos = vector((re3 + hc3/2) * cos(2 * i * pi / (n3 - 1)),  
(re3 + hc3/2) * sin(2 * i * pi / (n3 - 1)), engrena3.length/2) + engrena3.pos,
```

```
axis = (cos(2 * i * pi / (n3 - 1)), sin(2 * i * pi / (n3 - 1)), 0.0), size = (hc3, hc3, hc3), color = (1.0, 1.0, 0.7), material = materials.wood)
```

```
tamalt = 220 # altura/comprimento para cima do controlado
```

```
tamlarg = 800 # largura do controlador
```

```
painel = controls(x = 1200, y = 0, width = tamalt, height = tamlarg, range = 100)
```

```
w1 = slider(pos=(0.0,-50.0), width = 20.0, length = 70.0, axis = (0,1,0), min = 0.0, max = 1.0, action = lambda: w1)
```

```
menu(pos=(0.0,40.0,0.0), height = 15, width = 84, text = 'Velocidade angular')
```

```
w1.value = 0.0
```

```
w2 = -w1.value * re1 / re2
```

```
t = 0.0; dt = 0.01
```

```
#####
```

```
phi = 0.0
```

```
if (nr == 1 or nr == 3 or nr == 5):
```

```
    fixa1.rotate(axis = gira, angle = pi / 2, origin = engrena1.pos) # altera a fase (ângulo) inicial da rotação da engrenagem
```

```
    phi = - math.pi/2 # fase inicial
```

```
#####
```

```
largvet = 0.037 * re1 # espessura/largura do vetor
```

```
fatv=1.0; a = engrena1.pos.x; b = engrena2.pos.x; c = engrena3.pos.x
```

```
fatw = 0.5
```

```
altura = 25
```

```
define = false # define a visibilidade dos valores das grandezas físicas
```

```
posic1 = arrow(frame = fixa1, pos=(engrena1.pos.x,engrena1.pos.y,engrena1.pos.z+engrena1.length),axis=(re1*cos(w1.value*t + phi),re1*sin(w1.value*t + phi),0.0), shaftwidth=largvet,color=color.magenta)# definindo vetor r raio da orbita (posicao da particula no eixo)
```

```
raio1_rot = label(pos = (a, 1.15, 0.0), text = 'r1 = %1.2f m' % re1, height = altura, opacity = 0, box = false, visible = define, color = color.magenta)
```

```

veloc1 = arrow(frame = fixa1, pos = (re1*cos(w1.value*t + phi) +
a,re1*sin(w1.value*t + phi), engrena1.length), axis = (-
fatv*w1.value*re1*sin(w1.value*t + phi),fatv*w1.value*re1*cos(w1.value*t + phi),
0.0),
shaftwidth = largvet, color=color.red)

```

```

veloc1_rot = label(pos = (a, raio1_rot.pos.y - 0.12, 0.0), text = 'v1 = %1.2f m/s' %
veloc1.axis.mag, height = altura, opacity = 0, box = false, visible = define, color =
color.red)

```

```

omega1 = arrow(pos = (engrena1.pos.x, engrena1.pos.y, pino1.length), axis =
(0.0, 0.0, fatw*w1.value), shaftwidth = largvet, color = color.white) # vetor
velocidade angular w1

```

```

omega1_rot = label(pos = (a, veloc1_rot.pos.y - 0.12, 0.0), text = 'w1 = %1.2f
rad/s' % w1.value, height = altura, opacity = 0, box = false, visible = define, color =
color.white)

```

```

posic2 = arrow(frame = fixa2, pos =
(engrena2.pos.x,engrena2.pos.y,engrena2.pos.z+engrena2.length), axis =
(re2*cos(w2*t),re2*sin(w2*t),0.0),shaftwidth = largvet, color = color.magenta)

```

```

raio2_rot = label(pos = (b, -0.8, 0.0), text = 'r2 = %1.2f m' % re2, height = altura,
opacity = 0, box = false, visible = define, color = color.magenta)

```

```

veloc2 = arrow(frame = fixa2, pos=(re2*cos(w2*t) +
b,re2*sin(w2*t),engrena2.length),axis=(0.0,fatv*w2*re2,0.0),shaftwidth=largvet,col
or=color.red)

```

```

veloc2_rot = label(pos = (b, raio2_rot.pos.y - 0.12, 0.0), text = 'v1 = %1.2f m/s' % -
veloc2.axis.mag, height = altura, opacity = 0, box = false, visible = define, color =
color.red)

```

```

omega2 = arrow(pos = (engrena2.pos.x, engrena2.pos.y, -pino2.length), axis =
(0.0, 0.0, fatw*w2), shaftwidth = largvet, color = color.white) # vetor velocidade
angular w2

```

```

omega2_rot = label(pos = (b, veloc2_rot.pos.y - 0.12, 0.0), text = 'w2 = %1.2f
rad/s' % w2, height = altura, opacity = 0, box = false, visible = define, color =
color.white)

```

```

posic3 = arrow(frame = fixa1, pos =
(engrena3.pos.x,engrena3.pos.y,engrena3.pos.z+engrena3.length), axis =
(re3*cos(w1.value*t + phi),re3*sin(w1.value*t + phi),0.0),shaftwidth = largvet, color
= color.magenta)

```

```

raio3_rot = label(pos = (c - 0.7, -0.95, 0.0), text = 'r3 = %1.2f m' % re3, height =
altura, opacity = 0, box = false, visible = define, color = color.magenta)

```

```

veloc3 = arrow(frame = fixa1, pos=(re3*cos(w1.value*t + phi) +
c,re3*sin(w1.value*t + phi), engrena3.pos.z + engrena3.length),axis=(-
fatv*w1.value*re3*sin(w1.value*t + phi),fatv*w1.value*re3*cos(w1.value*t +
phi),0.0),
shaftwidth = largvet,color=color.red)

```

```

veloc3_rot = label(pos = (c - 0.7, raio3_rot.pos.y - 0.12, 0.0), text = 'v3 = %1.2f
m/s' % veloc3.axis.mag, height = altura, opacity = 0, box = false, visible = define,
color = color.red)

```

```

omega3_rot = label(pos = (c - 0.7, veloc3_rot.pos.y - 0.12, 0.0), text = 'w3 = %1.2f
rad/s' % w1.value, height = altura, opacity = 0, box = false, visible = define, color =
color.white)

```

while True:

```

if scene.mouse.clicked:
    scene.mouse.getclick()
    if (define == false):
        define = true
    else:
        define = false

```

```

rate(100)

```

```

painel.interact()

```

```

fixa1.rotate(axis = gira, angle = w1.value*dt, origin = engrena1.pos)

```

```

w2 = -w1.value * re1 / re2

```

```

fixa2.rotate(axis = gira, angle = w2*dt, origin = engrena2.pos)

```

```

veloc1.axis=(-fatv*w1.value*re1*sin(w1.value*dt + phi),fatv*w1.value*re1*cos(w1.value*dt + phi), 0.0) # atualização das componentes
do vetor mantenha a tangente à engrenagem

```

```

raio1_rot.visible = define

```

```

veloc1_rot.text = 'v1 = %1.2f m/s' % veloc1.axis.mag; veloc1_rot.visible = define

```

```

omega1.axis.z = fatw * w1.value

```

```

omega1_rot.text = 'w1 = %1.2f rad/s' % w1.value; omega1_rot.visible = define

```

```

veloc2.axis=(-fatv*w2*re2*sin(w2*dt),fatv*w2*re2*cos(w2*dt),0.0)# atualização
das componentes do vetor mantenha a tangente à ingrenagem

```

```

raio2_rot.visible = define

```

```
veloc2_rot.text = 'v2 = %1.2f m/s' % -veloc2.axis.mag; veloc2_rot.visible =  
define
```

```
omega2.axis.z = fatw * w2
```

```
omega2_rot.text = 'w2 = %1.2f rad/s' % w2; omega2_rot.visible = define
```

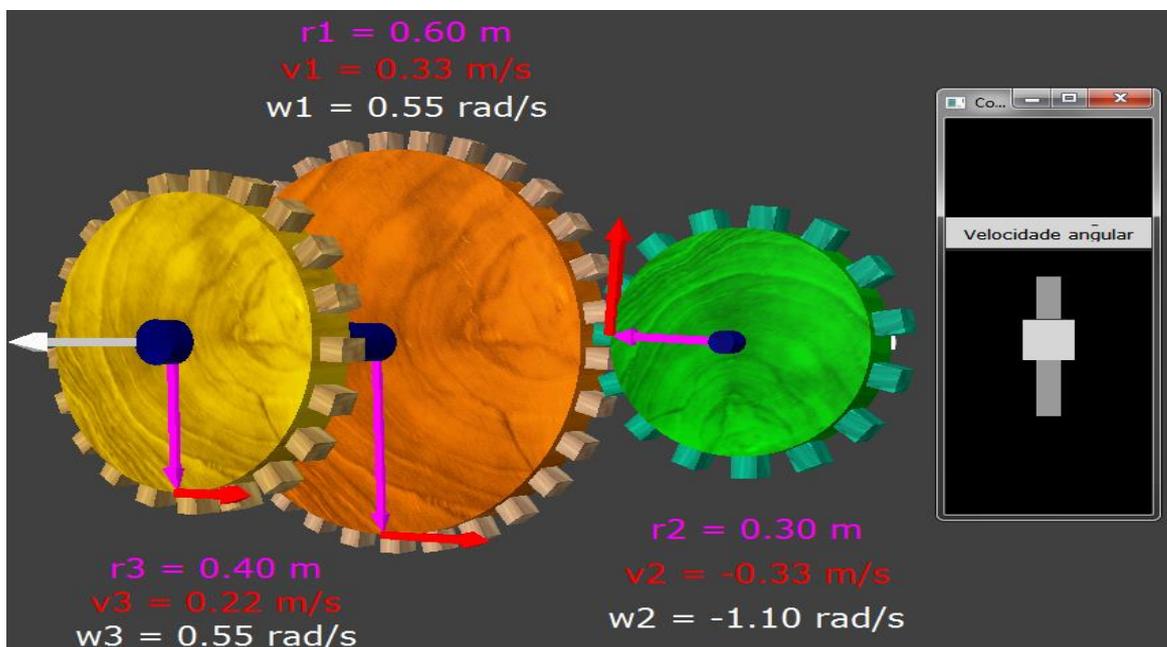
```
veloc3.axis=(-fatv*w1.value*re3*sin(w1.value*dt + phi),fatv*w1.value*re3*cos(w1.value*dt + phi),0.0) # atualização das componentes  
do vetor mantenha a tangente à ingrenagem
```

```
raio3_rot.visible = define
```

```
veloc3_rot.text = 'v3 = %1.2f m/s' % veloc3.axis.mag; veloc3_rot.visible = define
```

```
omega3_rot.text = 'w3 = %1.2f rad/s' % w1.value; omega3_rot.visible = define
```

FIGURA ILUSTRATIVA do simulador - Engrenagens com cursor mudança de velocidade angular



CÓDIGO ONTE DO SIMULADOR - TERRA (COM CURSOR DE MUDANÇA DA VELOCIDADE ANGULAR)

```
from visual import*

from visual.controls import*

from visual.text import*

import math

scene = display(width=1200,height=1500,background=(0.25,0.25,0.25))# controla
o tamanho da tela da animação - (Width=largura - height=altura)

scene.range = 1.0 # zoom da tela

scene.forward = (0.1,0.1,-0.3)# posicionamento da câmera

scene.ambient = 0.6

'''
def omega(valor):
    w = valor
'''

gira = (0.0,1.0,0.0)

fixa = frame()

tamalt = 220 # altura/comprimento para cima do controlado

tamlarg = 800 # largura do controlador

painel = controls(x = 1200, y = 0, width = tamalt, height = tamlarg, range = 100)#
regula a posição do controlador - height=altura - width=largura

w = slider(pos=(0.0,-50.0), width = 20.0, length = 70.0, axis = (0,1,0), min = 0.0,
max = 0.05, action = lambda: w)

menu(pos=(0.0,40.0,0.0), height = 15, width = 84, text = 'Velocidade angular')

w.value = 0.0

r0 = 0.45; k = 1.5

raio = k * abs(w.value) + r0

fh = r0 * r0 / raio
```

```

terra = ellipsoid(frame = fixa, pos=(0.0,0.0,0.0), length = 2*raio, height = 2*fh,
width = 2*raio, color=color.white, opacity=0.7, material = materials.earth) # Terra

eixo = cylinder(frame = fixa, radius = 0.006, pos=(0.0,-1.05 * terra.height / 2,0.0),
axis=(0.0,1.05 * terra.height,0.0), color = color.white) # eixo de rotação da Terra

'''
rc = 0.01 * raio # espessura dos rastros

rastro = curve(frame = fixa, radius = rc, color = color.green, material =
materials.plastic) # rastro da órbita do equador

rastro1 = curve(frame = fixa, radius = rc, color = color.green, material =
materials.plastic) # rastro da órbita do meio

rastro2 = curve(frame = fixa, radius = rc, color = color.green, material =
materials.plastic) # rastro da órbita menor

'''

f = 0.4 # fator que determina a altura em y da órbita do meio

f1 = 0.8 # fator que determina a altura em y da órbita menor

#fh = falt / 2.0 # fator que define a altura da Terra em termos do seu raio no plano
x-z em y = 0

'''
delta = 1.0 + 4.0 * (fh * fh - 1.0) * (f * fh) * (f * fh)

raiz = (-1.0 + sqrt(delta)) / (fh * fh - 1.0) / 2.0

theta1 = arccos(sqrt(raiz))

delta1 = 1.0 + 4.0 * (fh * fh - 1.0) * (f1 * fh) * (f1 * fh)

raiz1 = (-1.0 + sqrt(delta1)) / (fh * fh - 1.0) / 2.0

theta2 = arccos(sqrt(raiz1))

rteta = raio

rteta1 = sqrt(1.0 - (f * fh) * (f * fh) + (fh * fh - 1.0) * cos(theta1) * cos(theta1)) * raio

rteta2 = sqrt(1.0 - (f1 * fh) * (f1 * fh) + (fh * fh - 1.0) * cos(theta2) * cos(theta2)) *
raio

'''

```

```
largvet = 0.022 * raio # espessura/largura dos vetores
```

```
fat = 10.0 # fator que determina o tamanho do vetor, serve para almentar o tamanho visual do mesmo
```

```
fce = fat
```

```
theta = math.pi/2.0
```

```
theta1 = arccos(f)
```

```
theta2 = arccos(f1)
```

```
posic = arrow(frame = fixa, pos = (0.0, 0.0, 0.0), axis = (raio, 0.0, 0.0), shaftwidth = largvet, color = color.yellow) # definindo vetor r raio da orbita (posicao da particula no eixo)
```

```
posic1 = arrow(frame = fixa, pos = (0.0, fh * cos(theta1), 0.0), axis = (raio * sin(theta1), 0.0, 0.0), shaftwidth = largvet, color = color.yellow) # definindo vetor r raio da orbita (posicao da particula no eixo)
```

```
posic2 = arrow(frame = fixa, pos = (0.0, fh * cos(theta2), 0.0), axis = (raio * sin(theta2), 0.0, 0.0), shaftwidth = largvet, color = color.yellow) # definindo vetor r raio da orbita (posicao da particula no eixo)
```

```
veloc = arrow(frame = fixa, pos = (raio, 0.0,0.0), axis = (0.0, 0.0, w.value * raio),shaftwidth = largvet,color = color.red) # coordenadas do vetor velocidade na origem
```

```
veloc1 = arrow(frame = fixa, pos = (raio * sin(theta1), fh * cos(theta1), 0.0), axis = (0.0, 0.0, w.value * raio * sin(theta1)), shaftwidth = largvet, color = color.red)# coordenadas do vetor velocidade órbita do meio
```

```
veloc2 = arrow(frame = fixa, pos = (raio * sin(theta2), fh * cos(theta2), 0.0), axis = (0.0, 0.0, w.value * raio * sin(theta2)), shaftwidth = largvet, color = color.red)# coordenadas do vetor velocidade órbita
```

```
massa = 0.013
```

```
g = 9.8 # valor da aceleração da gravidade
```

```
peso = arrow(frame = fixa, pos = ((1.0 + fce * fat * w.value * w.value ) * raio + massa * g, 0.0, 0.0), axis = (-massa * g, 0.0, 0.0), shaftwidth = largvet, color = color.cyan)
```

```
peso1 = arrow(frame = fixa, pos = ((raio + massa*g) * sin(theta1), (fh + massa*g) *  
cos(theta1), 0.0),  
axis = (-massa*g*sin(theta1), -massa*g*cos(theta1), 0.0), shaftwidth =  
largvet, color = color.cyan) # definindo o vetor força (peso), rastro médio
```

```
peso2 = arrow(frame = fixa, pos = ((raio + massa*g) * sin(theta2), (fh + massa*g) *  
cos(theta2), 0.0),  
axis = (-massa*g*sin(theta2), -massa*g*cos(theta2), 0.0), shaftwidth =  
largvet, color = color.cyan) # definindo o vetor força (peso), rastro menor
```

```
peso3 = arrow(frame = fixa, pos = (0.0, (fh + massa*g), 0.0), axis = (0.0, -massa*g,  
0.0), shaftwidth = largvet, color = color.cyan) # definindo o vetor força (peso),  
rastro menor
```

```
centrif = arrow(frame = fixa, pos = (raio, 0.0, 0.0), axis = (fce * fat * w.value *  
w.value * raio, 0.0, 0.0), shaftwidth = largvet) # definindo o vetor força centrífuga
```

```
centrif1 = arrow(frame = fixa, pos = (raio * sin(theta1), fh * cos(theta1), 0.0), axis =  
(fce * fat * w.value * w.value * raio * sin(theta1), 0.0, 0.0), shaftwidth = largvet) #  
definindo o vetor força centrífuga
```

```
centrif2 = arrow(frame = fixa, pos = (raio * sin(theta2), fh * cos(theta2), 0.0), axis =  
(fce * fat * w.value * w.value * raio * sin(theta2), 0.0, 0.0), shaftwidth = largvet) #  
definindo o vetor força centrífuga
```

```
t = 0.0; dt = 0.1 # tempo e o seu incremento
```

```
while True:
```

```
rate (100) # velocidade de visualização do movimento
```

```
painel.interact()
```

```
raio = k * abs(w.value) + r0
```

```
fh = r0 * r0 / raio
```

```
terra.length = 2*raio; terra.height = 2*fh; terra.width = 2*raio
```

```
eixo.pos.y = -1.05 * terra.height / 2
```

```
eixo.axis.y = 1.05 * terra.height
```

```
t = t + dt # define a atualização do tempo para o rastro
```

#####

posic.axis = (raio * cos(w.value*dt), 0.0, -raio * sin(w.value*dt)) # atualização das componentes do raio (r), vetor verde em cima da engrenagem

posic1.pos.y = fh * cos(theta1)

posic1.axis = (raio * sin(theta1) * cos(w.value*dt), 0.0, -raio * sin(theta1) * sin(w.value*dt)) # atualização das componentes do raio (r), vetor verde em cima da engrenagem

posic2.pos.y = fh * cos(theta2)

posic2.axis = (raio * sin(theta2) * cos(w.value*dt), 0.0, -raio * sin(theta2) * sin(w.value*dt)) # atualização das componentes do raio (r), vetor verde em cima da engrenagem

#####

veloc.pos = (raio * cos(w.value*dt), 0.0, raio * sin(w.value*dt)) # atualizar a posição x do vetor velocidade e raio(r), rastro da terra origem

veloc.axis = (fat * w.value * raio * sin(w.value*dt), 0.0, -fat * w.value * raio * cos(w.value*dt)) # atualização das componentes x do vetor mantenha a tangente do rastro da terra

veloc1.pos = (raio * sin(theta1) * cos(w.value*dt), fh * cos(theta1), raio * sin(theta1) * sin(w.value*dt))

veloc1.axis = (fat * w.value * raio * sin(theta1) * sin(w.value*dt), 0.0, -fat * w.value * raio * sin(theta1) * cos(w.value*dt)) # atualização das componentes x do vetor mantenha a tangente do rastro da terra

veloc2.pos = (raio * sin(theta2) * cos(w.value*dt), fh * cos(theta2), raio * sin(theta2) * sin(w.value*dt)) # atualizar a posição x do vetor velocidade e raio(r), rastro da terra origem

veloc2.axis = (fat * w.value * raio * sin(theta2) * sin(w.value*dt), 0.0, -fat * w.value * raio * sin(theta2) * cos(w.value*dt)) # atualização das componentes x do vetor mantenha a tangente do rastro da terra

#####

peso.pos.x = ((1.0 + fce * fat * w.value * w.value) * raio + massa * g) * cos(w.value*dt)

peso.pos.z = (-(1.0 + fce * fat * w.value * w.value) * raio + massa * g) * sin(w.value*dt)

```
peso.axis = (-massa * g * cos(w.value*dt), 0.0, massa * g * sin(w.value*dt))
peso1.pos = ((raio + massa*g) * sin(theta1) * cos(w.value*dt), (fh + massa*g) *
cos(theta1), -(raio + massa*g) * sin(theta1) * sin(w.value*dt))
```

```
peso1.axis.x = -massa * g * sin(theta1) * cos(w.value*dt)
```

```
peso1.axis.z = massa * g * sin(theta1) * sin(w.value*dt)
```

```
peso2.pos = ((raio + massa*g) * sin(theta2) * cos(w.value*dt), (fh + massa*g) *
cos(theta2), -(raio + massa*g) * sin(theta2) * sin(w.value*dt))
```

```
peso2.axis.x = -massa * g * sin(theta2) * cos(w.value*dt)
```

```
peso2.axis.z = massa * g * sin(theta2) * sin(w.value*dt)
```

```
peso3.pos.y = fh + massa*g
```

```
#####
```

```
centrif.pos = (raio * cos(w.value*dt), 0.0, -raio * sin(w.value*dt))
```

```
centrif.axis = (fce * fat * w.value * w.value * raio * cos(w.value*dt), 0.0, -fce * fat
* w.value * w.value * raio * sin(w.value*dt))
```

```
centrif1.pos = (raio * sin(theta1) * cos(w.value*dt), fh * cos(theta1), -raio *
sin(theta1) * sin(w.value*dt))
```

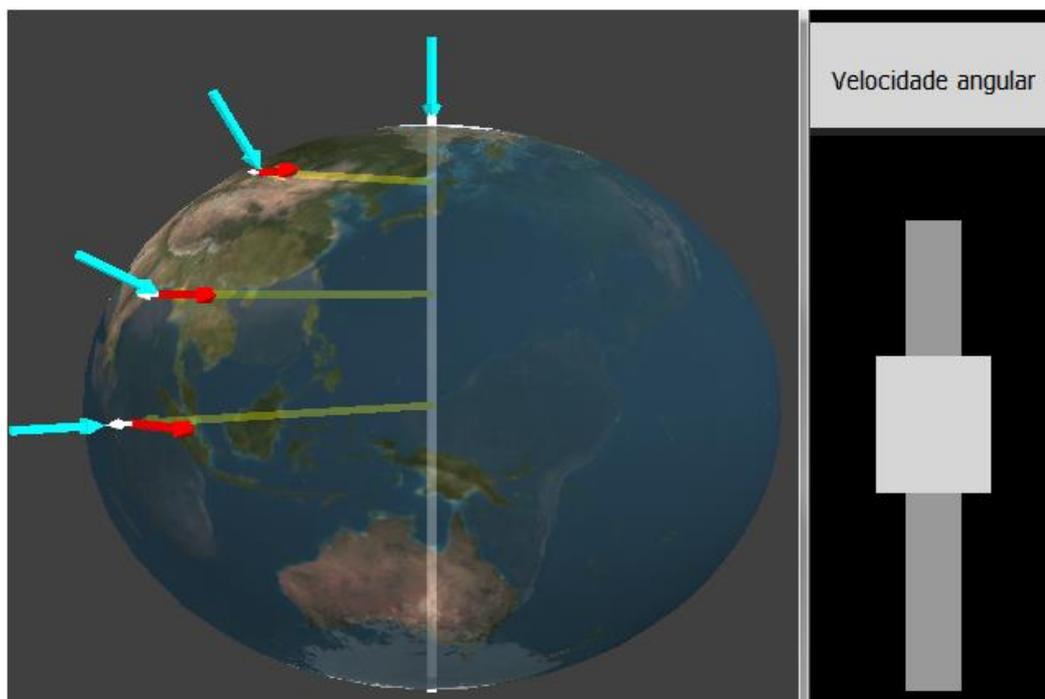
```
centrif1.axis = (fce * fat * w.value * w.value * raio * sin(theta1) * cos(w.value*dt),
0.0, -fce * fat * w.value * w.value * raio * sin(theta1) * sin(w.value*dt))
```

```
centrif2.pos = (raio * sin(theta2) * cos(w.value*dt), fh * cos(theta2), -raio *
sin(theta2) * sin(w.value*dt))
```

```
centrif2.axis = (fce * fat * w.value * w.value * raio * sin(theta2) * cos(w.value*dt),
0.0, -fce * fat * w.value * w.value * raio * sin(theta2) * sin(w.value*dt))
```

```
fixa.rotate(axis = gira, angle = w.value*dt, origin = terra.pos) # rotação da terra
```

FIGURA ILUSTRATIVA DO SIMULADOR MOVIMENTO ROTACIONAL DA TERRA - Com cursor de mudança da velocidade angular



CÓDIGO FONTE - TERRA (LANÇAMENTO DE OBJETOS)

```
from visual import*

from visual.text import*

import math

scene.fullscreen = 1 # cena de tela cheia

scene.range = 1.0 # zoom da tela

scene.ambient = 0.6 # cor da terra mais esbranquiçada ou fundo preto

raio = 0.45 # raio do esferóide na linha do equador (plano x-z)

falt = 1.7

terra = ellipsoid(pos=(0.0,0.0,0.0), length = 2*raio, height = falt*raio, width = 2*raio,
color=color.white, opacity=0.7, material = materials.earth) # Terra

eixo = cylinder(radius = 0.006, pos=(0.0,-1.05*terra.height/2,0.0),
axis=(0.0,1.05*terra.height,0.0), color = color.white) # eixo de rotação da Terra

rc = 0.01 * raio # espessura dos rastros

rastro = curve(radius = rc, color = color.green, material = materials.plastic) # rastro
da órbita do equador

rastro1 = curve(radius = rc, color = color.green, material = materials.plastic) #
rastro da órbita do meio

rastro2 = curve(radius = rc, color = color.green, material = materials.plastic) #
rastro da órbita menor

f = 0.4 # fator que determina a altura em y da órbita do meio

f1 = 0.8 # fator que determina a altura em y da órbita menor

fh = falt / 2.0 # fator que define a altura da Terra em termos do seu raio no plano
x-z em y = 0

'''
delta = 1.0 + 4.0 * (fh * fh - 1.0) * (f * fh) * (f * fh)
```

```
raiz = (-1.0 + sqrt(delta)) / (fh * fh - 1.0) / 2.0
```

```
theta1 = arccos(sqrt(raiz))
```

```
delta1 = 1.0 + 4.0 * (fh * fh - 1.0) * (f1 * fh) * (f1 * fh)
```

```
raiz1 = (-1.0 + sqrt(delta1)) / (fh * fh - 1.0) / 2.0
```

```
theta2 = arccos(sqrt(raiz1))
```

```
rteta = raio
```

```
rteta1 = sqrt(1.0 - (f * fh) * (f * fh) + (fh * fh - 1.0) * cos(theta1) * cos(theta1)) * raio
```

```
rteta2 = sqrt(1.0 - (f1 * fh) * (f1 * fh) + (fh * fh - 1.0) * cos(theta2) * cos(theta2)) *  
raio  
'''
```

```
largvet = 0.027 * raio # espessura/largura dos vetores
```

```
fat = 10.0 # fator que determina o tamanho do vetor, serve para almentar o  
tamanho visual do mesmo
```

```
fce = fat
```

```
theta = math.pi/2.0
```

```
theta1 = arccos(f)
```

```
theta2 = arccos(f1)
```

```
posic = arrow(pos = (0.0, 0.0, 0.0), axis = (raio, 0.0, 0.0), shaftwidth = largvet,  
color = color.red) # definindo vetor r raio da orbita (posicao da particula no eixo)
```

```
posic1 = arrow(pos = (0.0, fh * raio * cos(theta1), 0.0), axis = (raio * sin(theta1),  
0.0, 0.0), shaftwidth = largvet, color = color.orange) # definindo vetor r raio da  
orbita (posicao da particula no eixo)
```

```
posic2 = arrow(pos = (0.0, fh * raio * cos(theta2), 0.0), axis = (raio * sin(theta2),  
0.0, 0.0), shaftwidth = largvet, color = color.magenta) # definindo vetor r raio da  
orbita (posicao da particula no eixo)
```

```
w = -0.05 # velocidade angular da Terra
```

```
#w = 0.0
```

```
veloc = arrow(pos = (raio, 0.0,0.0), axis = (0.0, 0.0, w * raio),shaftwidth = largvet,color = color.red) # coordenadas do vetor velocidade na origem
```

```
veloc1 = arrow(pos = (raio * sin(theta1), fh * raio * cos(theta1), 0.0), axis = (0.0, 0.0, w * raio * sin(theta1)), shaftwidth = largvet, color = color.orange)# coordenadas do vetor velocidade órbita do meio
```

```
veloc2 = arrow(pos = (raio * sin(theta2), fh * raio * cos(theta2), 0.0), axis = (0.0, 0.0, w * raio * sin(theta2)), shaftwidth = largvet, color = color.magenta)# coordenadas do vetor velocidade órbita
```

```
massa = 0.013
```

```
g = 9.8 # valor da aceleração da gravidade
```

```
peso = arrow(pos = ((1.0 + fce * fat * w * w ) * raio + massa * g, 0.0, 0.0), axis = (- massa * g, 0.0, 0.0), shaftwidth = largvet, color = color.cyan)
```

```
peso1 = arrow(pos = ((raio + massa*g) * sin(theta1), (fh * raio + massa*g) * cos(theta1), 0.0), axis = (-massa*g*sin(theta1), -massa*g*cos(theta1), 0.0), shaftwidth = largvet, color = color.cyan) # definindo o vetor força (peso), rastro médio
```

```
peso2 = arrow(pos = ((raio + massa*g) * sin(theta2), (fh * raio + massa*g) * cos(theta2), 0.0), axis = (-massa*g*sin(theta2), -massa*g*cos(theta2), 0.0), shaftwidth = largvet, color = color.cyan) # definindo o vetor força (peso), rastro menor
```

```
peso3 = arrow(pos = (0.0, (fh * raio + massa*g), 0.0), axis = (0.0, -massa*g, 0.0), shaftwidth = largvet, color = color.cyan) # definindo o vetor força (peso), rastro menor
```

```
centrif = arrow(pos = (raio, 0.0, 0.0), axis = (fce * fat * w * w * raio, 0.0, 0.0), shaftwidth = largvet) # definindo o vetor força centrífuga
```

```
centrif1 = arrow(pos = (raio * sin(theta1), fh * raio * cos(theta1), 0.0), axis = (fce * fat * w * w * raio * sin(theta1), 0.0, 0.0), shaftwidth = largvet) # definindo o vetor força centrífuga
```

```
centrif2 = arrow(pos = (raio * sin(theta2), fh * raio * cos(theta2), 0.0), axis = (fce * fat * w * w * raio * sin(theta2), 0.0, 0.0), shaftwidth = largvet) # definindo o vetor força centrífuga
```

```
t = 0.0; dt = 0.1 # tempo e o seu incremento
```

```
nulo = (0.0, 0.0, 0.0)
```

```

while True:

    rate (100) # velocidade de visualização do movimento

    t = t + dt # define a atualização do tempo para o rastro
    phi = w * t

    if scene.mouse.clicked:

        t = 0.0; dt = 1.e-2

        while (t <= 5.0):

            rate (100) # velocidade de visualização do movimento

            veloc.pos = veloc.pos + (veloc.axis.x * dt, 0.0, veloc.axis.z * dt)

            veloc1.pos = veloc1.pos + (veloc1.axis.x * dt, 0.0, veloc1.axis.z * dt)

            veloc2.pos = veloc2.pos + (veloc2.axis.x * dt, 0.0, veloc2.axis.z * dt)

            peso.axis = nulo; peso1.axis = nulo; peso2.axis = nulo; peso3.axis = nulo

            centrif.axis = nulo; centrif1.axis = nulo; centrif2.axis = nulo;

            rastro.append(pos = veloc.pos)

            rastro1.append(pos = veloc1.pos)

            rastro2.append(pos = veloc2.pos)

            t = t + dt

        break

    rastro.append(pos = (raio * cos(w*t), 0.0, raio * sin(w*t))) # rasto da terra, (o
negativo no seno inverte o movimento do rastro) - equador

    rastro1.append(pos=(raio * sin(theta1) * cos(w*t), fh * raio * cos(theta1), raio *
sin(theta1) * sin(w*t)))# rasto da terra, (o negativo no seno inverte o movimento do
rastro) - meio

    rastro2.append(pos=(raio * sin(theta2) * cos(w*t), fh * raio * cos(theta2), raio *
sin(theta2) * sin(w*t)))# rasto da terra, (o negativo no seno inverte o movimento do
rastro) - menor

#####

```

posic.axis = (raio * cos(w*t), 0.0, raio * sin(w*t)) # atualização das componentes do raio (r), vetor verde em cima da engrenagem

posic1.axis = (raio * sin(theta1) * cos(w*t), 0.0, raio * sin(theta1) * sin(w*t)) # atualização das componentes do raio (r), vetor verde em cima da engrenagem

posic2.axis = (raio * sin(theta2) * cos(w*t), 0.0, raio * sin(theta2) * sin(w*t)) # atualização das componentes do raio (r), vetor verde em cima da engrenagem

#####

veloc.pos = (raio * cos(w*t), 0.0, raio * sin(w*t)) # atualizar a posição x do vetor velocidade e raio(r), rastro da terra origem

veloc.axis = (-fat * w * raio * sin(w*t), 0.0, fat * w * raio * cos(w*t)) # atualização das componentes x do vetor mantenha a tangente do rastro da terra

veloc1.pos.x = raio * sin(theta1) * cos(w*t) # atualizar a posição x do vetor velocidade e raio(r), rastro da terra origem

veloc1.pos.z = raio * sin(theta1) * sin(w*t)

veloc1.axis = (-fat * w * raio * sin(theta1) * sin(w*t), 0.0, fat * w * raio * sin(theta1) * cos(w*t)) # atualização das componentes x do vetor mantenha a tangente do rastro da terra

veloc2.pos.x = raio * sin(theta2) * cos(w*t) # atualizar a posição x do vetor velocidade e raio(r), rastro da terra origem

veloc2.pos.z = raio * sin(theta2) * sin(w*t) # atualizar a posição z do vetor velocidade e raio(r), rastro da terra origem

veloc2.axis = (-fat * w * raio * sin(theta2) * sin(w*t), 0.0, fat * w * raio * sin(theta2) * cos(w*t)) # atualização das componentes x do vetor mantenha a tangente do rastro da terra

#####

peso.pos.x = ((1.0 + fce * fat * w * w) * raio + massa * g) * cos(w*t)

peso.pos.z = ((1.0 + fce * fat * w * w) * raio + massa * g) * sin(w*t)

peso.axis = (-massa * g * cos(w*t), 0.0, -massa * g * sin(w*t))

peso1.pos.x = (raio + massa*g) * sin(theta1) * cos(w*t)

peso1.pos.z = (raio + massa*g) * sin(theta1) * sin(w*t)

```

peso1.axis.x = -massa * g * sin(theta1) * cos(w*t)
peso1.axis.z = -massa * g * sin(theta1) * sin(w*t)

peso2.pos.x = (raio + massa*g) * sin(theta2) * cos(w*t)
peso2.pos.z = (raio + massa*g) * sin(theta2) * sin(w*t)

peso2.axis.x = -massa * g * sin(theta2) * cos(w*t)
peso2.axis.z = -massa * g * sin(theta2) * sin(w*t)

#####

centrif.pos = (raio * cos(w*t), 0.0, raio * sin(w*t))

centrif.axis = (fce * fat * w * w * raio * cos(w*t), 0.0, fce * fat * w * w * raio *
sin(w*t))

centrif1.pos = (raio * sin(theta1) * cos(w*t), fh * raio * cos(theta1), raio *
sin(theta1) * sin(w*t))

centrif1.axis = (fce * fat * w * w * raio * sin(theta1) * cos(w*t), 0.0, fce * fat * w *
w * raio * sin(theta1) * sin(w*t))

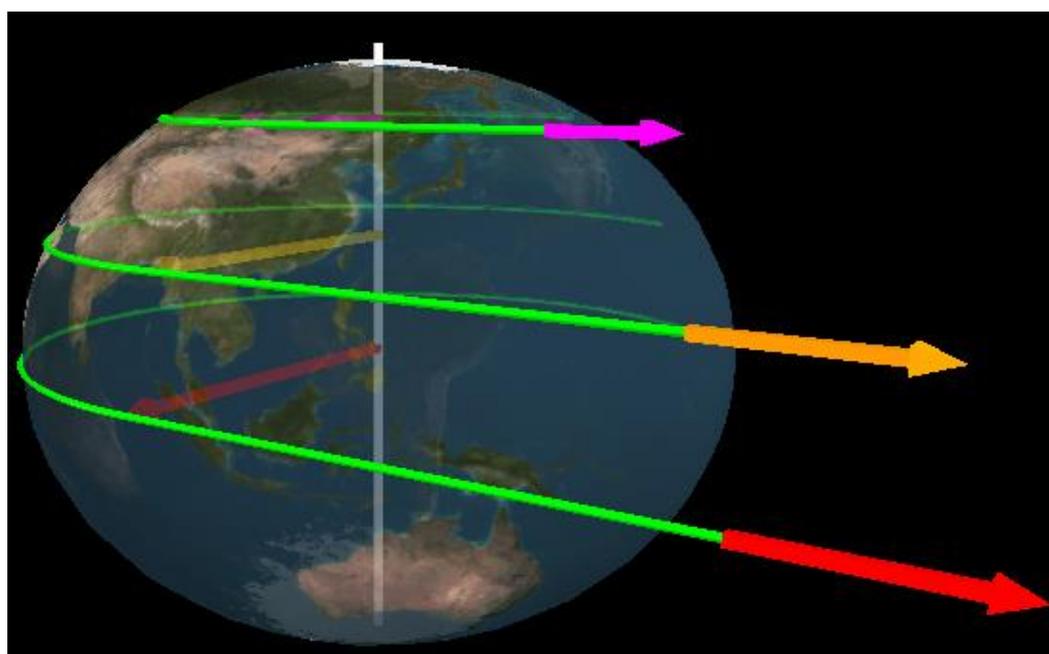
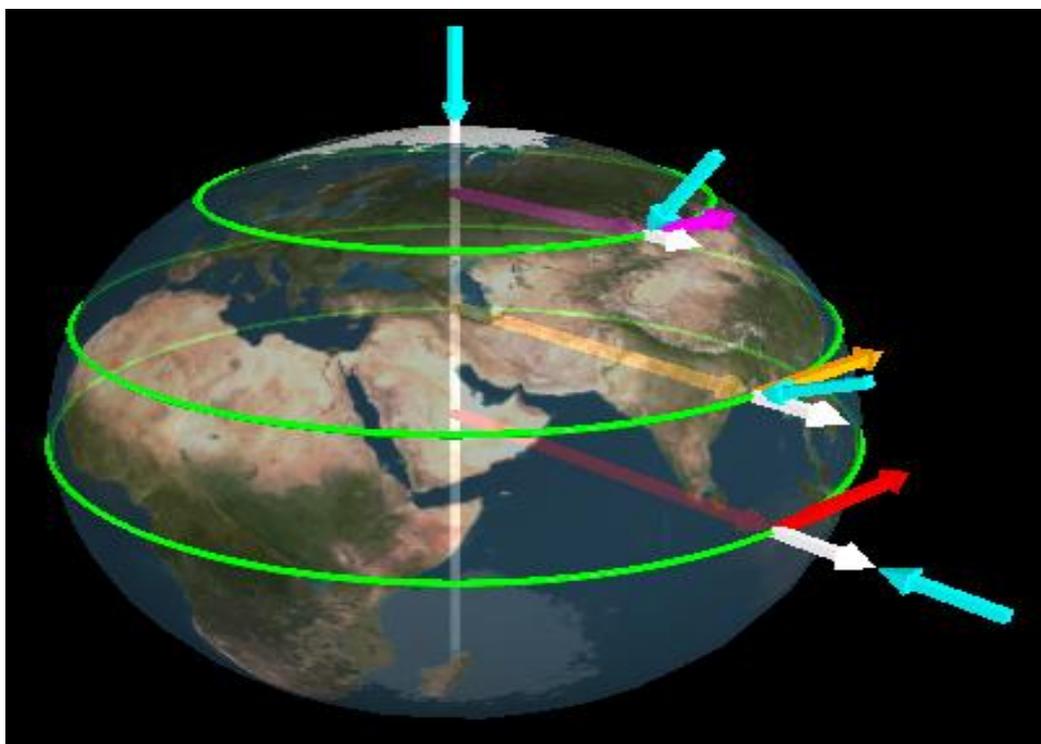
centrif2.pos = (raio * sin(theta2) * cos(w*t), fh * raio * cos(theta2), raio *
sin(theta2) * sin(w*t))

centrif2.axis = (fce * fat * w * w * raio * sin(theta2) * cos(w*t), 0.0, fce * fat * w *
w * raio * sin(theta2) * sin(w*t))

terra.rotate(axis = (0.0,1.0,0.0), angle = -w*dt, origin = (0.0,0.0,0.0)) # rotação
da terra

```

FIGURA ILUSTRATIVA DO SIMULADOR MOVIMENTO ROTACIONAL DA TERRA - Lançamento de objetos



QUESTIONÁRIO 02 - AVALIATIVO

1 - Nome do aluno. (Não obrigatório)

2 - Com base nas aulas práticas com os simuladores, assinale a(s) situação(ões) em que ocorre o movimento circular uniforme:

- Na caminhada de uma pessoa numa avenida reta.
- Na roda de uma moto.
- Ao beber uma água.
- Em um carro contornando uma rotatória.
- Na hélice de um ventilador.
- No movimento de um satélite em órbita.

Justifique sua resposta:

3 - Observe a imagem abaixo da animação que representa uma situação estudada previamente e assinale a alternativa correta:

- Desprende-se da Terra por causa da alta velocidade adquirida.
- Desprende-se devido a força centrípeta.
- Desprende-se devido a ausência de forças.
- Nenhuma das alternativas estão corretas.

Justifique sua resposta:

4 - Assinale a proposição que representa corretamente o movimento circular uniforme de um objeto:

- () Não existe força atuando sobre o objeto.
- () A velocidade linear do objeto não se altera.
- () O movimento circular do objeto é uniforme porque não possui aceleração.
- () O valor (módulo) da velocidade linear é constante
- () Nenhuma das alternativas estão corretas.

Justifique sua resposta:

5 - Observe a figura e responda: Três carros de corrida posicionados em cada uma das raias (1-rosa, 2-azul e 3-amarela). Considerando que eles iniciam a corrida no mesmo instante percorrendo todo o trajeto com a mesma velocidade linear, qual(is) carro(s) deve(m) vencer a corrida.

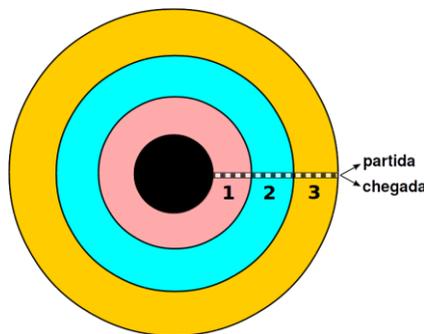


Figura 2

- () O carro da raia 2.
- () Não existirá um único vencedor pois todos chegarão ao mesmo tempo.
- () O carro da raia 1.
- () O carro da raia 3.
- () Não existirá um único vencedor pois os carros das raias 2 e 3 chegarão juntos.
- () Nenhuma das alternativas estão corretas.

Justifique sua resposta:

6 - Observando a imagem do simulador das engrenagens, marque a resposta correta. Com relação as engrenagens 1 e 2 (ambas acopladas pelo mesmo eixo), o que podemos afirmar sobre as velocidades.

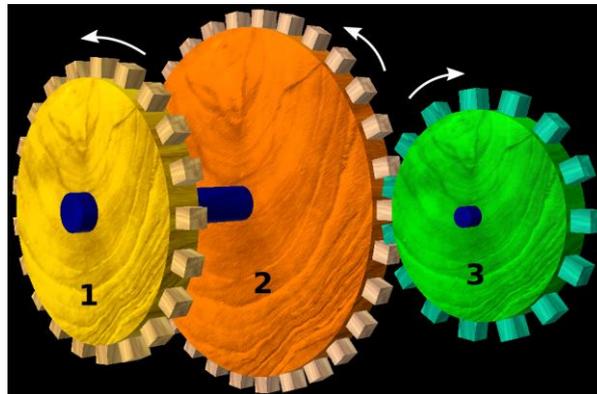


Figura 3

- () As velocidades lineares das engrenagens são iguais.
- () A velocidade angular da engrenagem 1 é menor que o da engrenagem 2.
- () A velocidade linear da engrenagem 1 é maior que o da engrenagem 2.
- () As velocidades angulares das engrenagens são iguais.
- () Nenhuma das alternativas estão corretas.

Justifique a sua resposta:

7 - Continuando a observação da imagem do simulador das engrenagens(da questão anterior), marque a resposta correta. Com relação as engrenagens 2 e 3 (ambas acopladas pelos dentes), o que podemos afirmar sobre as velocidades.

- () As velocidades angulares das engrenagens são iguais.
- () A velocidade angular da engrenagem 2 é maior que o da engrenagem 3.
- () A velocidade linear da engrenagem 2 é menor que o da engrenagem 3.
- () As velocidades lineares das engrenagens são iguais.
- () Nenhuma das alternativas estão corretas.

Justifique sua resposta:

8 - Marque o(s) item(ns) que julgar correto. Em uma pista de atletismo, onde posiciona um corredor em cada raia, supondo que ambos larguem juntos, o que deve acontecer para que o corredor da raia mais externa chegue junto com o da raia mais interna.

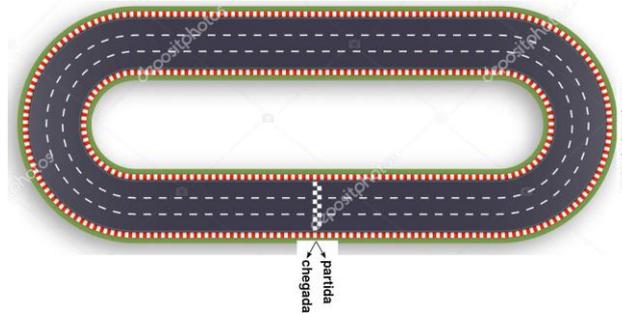
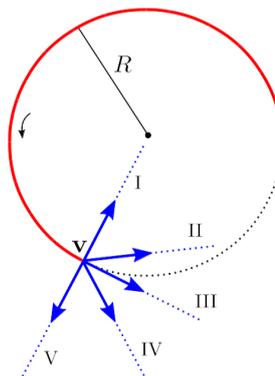


Figura 4

- () Ele deve ter velocidade angular maior que o da raia 1.
- () Ele deve ter velocidade angular menor que o da raia 1.
- () Ambos devem ter a mesma velocidade angular.
- () A alternativa 1 e 3.
- () A alternativa 1 e 2.
- () Todas as alternativas estão corretas.
- () Nenhuma das alternativas estão corretas.

Justifique sua resposta:

9 - Um objeto em Movimento Circular Uniforme, como mostra a figura abaixo, marque seta(azul) que melhor representa a força centrípeta desse objeto.



Figura

- () I;
- () II;
- () V;
- () II;
- () IV.

Justifique sua resposta:

10 - Se a ação que promove essa trajetória do objeto for cessada (desligada) no instante indicado na figura pelo seu vetor velocidade (seta azul), qual será a direção do movimento do objeto a partir desse instante.

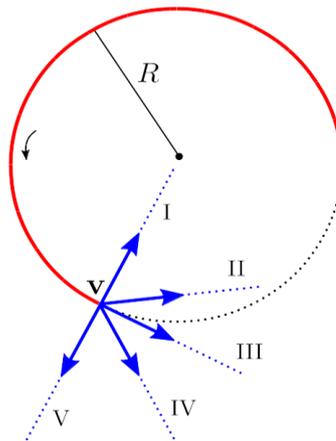


Figura 1

- () II;
- () I;
- () III;
- () V;
- () IV.

Justifique a sua resposta:

QUESTIONÁRIO 03 - AVALIAÇÃO METODOLÓGICA DAS ATIVIDADES

1 - A prática com simulador virtual contribuiu para seu aprendizado?

() Sim.

() Não.

2 - Enumere (em sua percepção) o quanto a prática com simulador contribuiu para seu aprendizado (nota crescente de 0 a 10 - sendo zero não contribuiu nada 10 contribui efetivamente com o aprendizado).

3 - A aula teórica contribuiu com seu aprendizado? (enumere com mesmos critérios da questão 2).

4 - Qual atividade contribuiu mais para o seu aprendizado em MCU.

() Teórica.

() Prática com os simuladores.

() As duas atividades - sendo uma complementar a outra (teórica + prática).

5 - Qual simulador contribuiu mais para o seu aprendizado.

() Engrenagens.

() Movimento da Terra.

() Os dois igualmente.

6 - Descreva as principais **dificuldades** no manuseio com o simulador.

7 - Descreva as **facilidades** que encontrou no manuseio do simulador.

8 - O que você colocaria/adicionaria para melhorar a interatividade com o simulador

9 - Sugestão(ões) para melhorar o desenvolvimento da aula.

LINK PARA ACESSO ÀS SIMULAÇÕES DESTE PRODUTO

<https://drive.google.com/drive/folders/1axcdSn5af71lbvCBcbU1RxNDMMLJp3QZ?usp=sharing>