

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
CAMPUS MEDIANEIRA**

**MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR: PRODUTO EDUCACIONAL**

**REFERENCIAIS: ESTABELECENDO O CENÁRIO APROPRIADO PARA O  
ENSINO DA DINÂMICA NO ENSINO MÉDIO**

**CAROLINE OHLWEILER PICCIN**

MEDIANEIRA  
2019

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**UTFPR**  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ



REFERENCIAIS: ESTABELECENDO O CENÁRIO APROPRIADO PARA O  
ENSINO DA DINÂMICA NO ENSINO MÉDIO

Caroline Ohlweiler Piccin

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Tronco Dalmolin  
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Herculano da Silva

MEDIANEIRA  
Fevereiro/2019

## Lista de Figuras

Figura 1: Fixação do motor no disco de mdf.....	110
Figura 2: Fixação do disco de mdf na luva de cano pvc.....	110
Figura 3: Montagem do circuito elétrico.....	111
Figura 4: Base da plataforma giratória concluída.....	111
Figura 5: Plataforma giratória com régua de alumínio, suporte de celular e contrapeso.....	112
Figura 6: Lâmina de galvanizado fixada na régua de alumínio.....	113
Figura 7: Papel cartão fixado na lâmina de galvanizado.....	113
Figura 8: Plataforma giratória com anteparo concluída.....	114
Figura 9: Cuba de acrílico.....	115
Figura 10: Experimento 1: Balde de Newton em plataforma giratória concluído.....	115
Figura 11: Montagem do suporte com dois pêndulos.....	116
Figura 12: Experimento 2: Pêndulo em plataforma giratória concluído.....	117
Figura 13: Montagem dos eixos do carrinho.....	119
Figura 14: Montagem da base do carrinho.....	119
Figura 15: Base do carrinho concluída.....	120
Figura 16: Sistema para filmagem e sistema mecânico para soltar a esfera.....	121
Figura 17: Montagem do carrinho com sistema para filmagem e sistema mecânico para soltar a esfera concluída.....	121
Figura 18: Sistema Elétrico.....	122
Figura 19: Montagem de uma extremidade do trilho.....	123
Figura 20: Amortecedor de impacto.....	124
Figura 21: Sistema elétrico e amortecedor de impacto concluídos.....	124
Figura 22: Experimento 3: Carrinho em movimento retilíneo concluído.....	125
Figura 23: Efeito observado na superfície da água colorida.....	127
Figura 24: Efeito observado com um pêndulo.....	128
Figura 25: Efeito observado com dois pêndulos.....	128
Figura 26: Queda da esfera com o carrinho em velocidade constante.....	129
Figura 27: Queda da esfera com o carrinho com movimento acelerado.....	129
Figura 28: Movimento da água em uma piscina com abertura no fundo.....	133
Figura 29: Movimento das camadas de ar nos hemisférios.....	134
Figura 30: Exemplo de tirinha sobre estado inercial – movimento.....	139

Figura 31: Exemplo de tirinha sobre estado inercial – repouso.....139

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1: Custos dos materiais utilizados para construção do experimento 1 e do experimento 2.....	130
Tabela 2: Custos dos materiais utilizados para construção do experimento 3.....	131
Tabela 3: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 – I.....	140
Tabela 4: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 – II.....	141
Tabela 5: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 – III.....	141
Tabela 6: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 – IV.....	142
Tabela 7: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 – V.....	142

## Sumário

Lista de figuras.....	103
Lista de tabelas.....	104
1. O produto educacional.....	106
2. Confeção dos experimentos.....	108
2.1 Plataforma giratória.....	108
2.2 Experimento 1: Balde de Newton em plataforma giratória.....	114
2.3 Experimento 2: Pêndulo em plataforma giratória.....	115
2.4 Experimento 3: Carrinho em movimento retilíneo.....	117
3. Funcionamento dos experimentos.....	126
4. Custos para a construção dos experimentos.....	130
5. Sequência didática.....	132
6. Referências Bibliográficas.....	145
Anexo 1: Texto sobre mapas mentais e mapas conceituais.....	148
Anexo 2: Transcrição do vídeo: Does Water Swirl the Other Way in the Southern Hemisphere?.....	149
Apêndice A: Atividade 1 – Mapa mental – Referenciais: inerciais e não inerciais.....	153
Apêndice B: Atividade 2 – Investigando a influência de referenciais no movimento.....	154
Apêndice C: Atividade 3 – Investigando a influência de referenciais no movimento de um corpo a partir de experimentos – I.....	156
Apêndice D: Atividade 4 – Investigando a influência de referenciais no movimento de um corpo a partir de experimentos – II.....	158
Apêndice E: Atividade 5: Tirinha sobre estado inercial.....	160
Apêndice F: Atividade 6.1 – Atividades experimentais sobre Segunda Lei de Newton.....	161
Apêndice G: Atividade 6.2 – Atividades experimentais sobre estado inercial..	165
Apêndice H: Atividade 6.3 – Atividades experimentais sobre Leis de Newton.....	167
Apêndice I: Atividade 7: AVALIAÇÃO – Mapa conceitual – Referenciais: Inerciais e Não Inerciais.....	168
Apêndice J: Atividade 8 – Questionário de opinião.....	169

# 1 O produto educacional

Este produto educacional consiste em um estudo de Referenciais não inerciais e inerciais para averiguar se há influências no movimento dos corpos e assim estabelecer um cenário apropriado para a aplicação da dinâmica no ensino médio através do uso de atividades experimentais investigativas, a partir das quais foram produzidos vídeos para serem apresentados aos alunos em uma sequência didática, a fim de discutir os efeitos visualizados. Além disso, também é proposto o uso da tecnologia, “smartphone” e aplicativos, aplicada às atividades experimentais, reconhecendo-os como materiais potencialmente significativos.

A escolha por desenvolver esse produto educacional justifica-se em: verificar que na literatura a influência dos referenciais acelerados não precede o estudo da dinâmica, porém no cotidiano são comuns efeitos não inerciais; constatar a existência de concepções associadas a falsas forças (força centrífuga, força de Coriolis) que levam a uma explicação alternativa (por vezes errônea) sobre alguns efeitos observados; reconhecer que atividades experimentais no ensino de Física facilitam a aprendizagem significativa dos conteúdos; propor o uso da tecnologia (“smartphone” e aplicativos) aplicada a atividades experimentais, reconhecendo-as como materiais potencialmente significativos;

No que se refere aos objetivos do mesmo, procurou-se desenvolver um produto que possibilite ao aluno compreender a influência dos fenômenos dinâmicos no intuito de:

- Definir o cenário apropriado, que use apenas de forças reais, para aplicação das leis de Newton no ensino médio, o qual são os sistemas de referência inerciais.
- Utilizar o “smartphone” de modo a possibilitar ao aluno observar fenômenos em referenciais acelerados, ao invés de realizar experimentos mentais.
- Tentar eliminar concepções alternativas, aquelas que não sejam em termos de forças reais.
- Contribuir para uma aprendizagem significativa do conteúdo abordado.

- Apresentar baixo custo, uso simplificado, atrativo e intrigante para os alunos.

- Possibilitar que o experimento seja construído e replicado sem a necessidade de conhecimentos avançados, auxiliando o docente no ensino da dinâmica.

Nesse produto educacional, propõe-se a construção de um conjunto experimental composto por três experimentos:

- Experimento 1: Balde de Newton em plataforma giratória.
- Experimento 2: Pêndulo em plataforma giratória.
- Experimento 3: Carrinho em movimento retilíneo.

A montagem do conjunto experimental será detalhada no capítulo 2 deste material, bem como a lista de materiais; o funcionamento dos experimentos no capítulo 3; a apresentação aproximada dos custos será apresentada no capítulo 4; uma sugestão de sequência didática para aplicação do produto no capítulo 5; bem como seguido de outras sugestões para aplicação do produto, as referências bibliográficas e nos apêndices os roteiros das atividades.

Por fim, acredita-se que esse produto educacional colabora para o processo de ensino e aprendizagem da Física, sua implementação é viável e contribui para a prática docente no ensino da dinâmica. A sequência didática aqui sugerida tem ênfase na Física conceitual, através principalmente da metodologia da experimentação, com caráter investigativo e com o uso de materiais simples, metodologia a qual possibilita aos alunos uma possível aprendizagem significativa, de forma ativa, raciocinando, compreendendo e elaborando o saber e os conceitos físicos, a partir de seus conhecimentos prévios.

## 2 Confeção dos experimentos

O conjunto experimental é composto por três experimentos:

- Experimento 1: Balde de Newton em plataforma giratória.
- Experimento 2: Pêndulo em plataforma giratória.
- Experimento 3: Carrinho em movimento retilíneo.

Para os experimentos 1 e 2 utiliza-se a mesma plataforma giratória. As instruções para a montagem experimental dos experimentos serão feitas nas seções: 2.1 Plataforma Giratória, 2.2 Balde de Newton em plataforma giratória, 2.3 Carrinho em movimento retilíneo e 2.4 Carrinho em Movimento Retilíneo.

### 2.1 Plataforma Giratória

Materiais:

Para a montagem do protótipo da plataforma giratória serão necessários os componentes eletrônicos e estruturais conforme a quantidade abaixo:

- 01 – Motor de máquina de lavar;

O motor utilizado tem os seguintes dados nominais: 127 V, 60 Hz, 1/8 CV, 369 W, 1450 rpm, 2,8 A, capacitor: 25 $\mu$ F/250VAC.

- 01 – Controlador de velocidade para ventilador – chave rotativa (200 W - 400 W);

- 01 – Luva de cano pvc – 250 mm (esgoto);
- 01 – Disco de mdf – 250 mm de diâmetro;
- 01 – Régua de alumínio;

A régua utilizada tem as seguintes dimensões: 45 cm x 3,7 cm x 0,9 cm.

- 01 – Celular modelo “smartphone” (de preferência que o celular não mais esteja sendo utilizado);

- 01 – Suporte para celular multifuncional;
- 01 – Contrapeso (foram utilizadas porcas de diferentes tamanhos totalizando 200 g – massa do celular adicionado ao suporte);

- 01 - Adaptador pino macho;
- 1,5 m - Fio de energia 1,5 mm;
- 01 - Lâmina de galvanizado de 1,4 m x 5 cm;

- 03 – Folhas de papel cartão na cor branca;
- 01 – Rolo de fita isolante;
- Parafusos diversos;
- Fita adesiva 5 cm;
- Cola quente;
- Seringa descartável;
- Corante;

Materiais para a cuba de acrílico utilizada no experimento 1: Balde de Newton em plataforma giratória:

Material acrílico de 5 mm de espessura, cortar as peças:

- 02 peças de 16 cm x 16 cm;
- 02 peças de 17 cm x 1,5 cm;
- 02 peças de 16 cm x 1,5 cm;
- 01 peça de 3 cm x 5,5 cm (suporte);
- Cola para acrílico (clorofórmio);

Materiais para os pêndulos utilizados no experimento 2: Pêndulo em plataforma giratória:

- Parafuso em barra (6mm): cortar 2 barras de 19 cm e 2 barras de 4,5 cm;
- Lâmina de polietileno: 13 cm x 6 cm x 1 cm;
- 2 Lâminas de arco de serra de cortar ferro manual usadas (pêndulo);
- 12 porcas de parafusos de 6 mm;

Junte também as seguintes ferramentas de trabalho:

- Furadeira com diferentes tamanhos de brocas;
- Esmerilhadeira;
- Chaves de fenda;
- Chaves Philips;
- Arco de serra para cortar ferro manual;

Montagem:

Após reunir todos os materiais e ferramentas necessárias para a construção da plataforma giratória, proceda de acordo com os passos indicados abaixo:

1) Fixar o motor no disco de mdf de 250 mm;

O motor utilizado possuía 4 parafusos que foram reaproveitados para fazer a fixação do mesmo, porém foi necessário retirar um disco de 100 mm de diâmetro no centro do disco de 250 mm, como se pode observar na figura 1.



Figura 1: Fixação do motor no disco de mdf  
Fonte: Autoria própria

2) Fixar o disco de mdf com o motor na luva de cano pvc 250 mm com 3 parafusos;



Figura 2: Fixação do disco de mdf na luva de cano pvc  
Fonte: Autoria própria

3) Montagem do circuito elétrico:

- Conectar ao fio de energia de 1,5 mm o adaptador pino macho;

- Fazer um furo na luva de cano pvc para fixar a chave rotativa e um para a passagem do fio de energia;
- Fazer a ligação do motor - fio de energia - chave rotativa (controlador de velocidade), isolando as ligações com fita isolante;



Figura 3: Montagem do circuito elétrico  
Fonte: Autoria própria

Para que o motor não fique com a fiação exposta na base superior pode ser feito um disco de papel cartão para ser fixado com cola quente, como pode ser observado na figura 4, que mostra a base da plataforma giratória concluída. Nessa imagem pode ser observada a chave rotativa instalada, bem como o fio da energia.



Figura 4: Base da plataforma giratória concluída  
Fonte: Autoria própria

4) Fixar a régua de alumínio;

Para a fixação da régua de alumínio foi necessário um furo de aproximadamente 13 mm de diâmetro para encaixar no eixo do motor, e um furo lateral (parafuso de 3 mm) para fixá-la.

E ainda, na régua é necessário que se façam alguns furos para uso posterior, como se pode observar na figura 5. São eles:

- 2 furos a 1,5 cm do centro, um à direita e outro à esquerda (parafusos de 3 mm); Serão usados para fixar a cuba de acrílico (experimento 1) e o pêndulo (experimento 2);

- 1 furo em cada uma das extremidades: para fixar o suporte de celular - a 6 cm da extremidade (parafuso de 6mm) e o contrapeso a 2 cm da extremidade oposta (parafuso de 3 mm), juntamente ao contrapeso será fixada a lâmina de galvanizado;

- 2 furos lado a lado na extremidade em que estará o suporte de celular a 2 cm da mesma (parafusos de 3 mm); serão usados para fixar a lâmina de galvanizado;

Para o contrapeso foram utilizadas porcas de diferentes tamanhos, de modo que sua massa seja a mesma do celular utilizado adicionado do suporte, no caso deste experimento, 200 gramas.



Figura 5: Plataforma giratória com régua de alumínio, suporte de celular e contrapeso  
Fonte: Autoria própria

5) Para a execução dos vídeos será necessário que referenciais externos ao experimento não apareçam na filmagem, portanto para que esse efeito seja obtido:

- Fixar a lâmina de galvanizado (dimensões 1,4 m x 5 cm), na régua de alumínio. Na lâmina de galvanizado, devem ser feitos dois engates, e neles

furos para prendê-la à régua de alumínio com parafusos, o que pode ser observado na figura 6.



Figura 6: Lâmina de galvanizado fixada na régua de alumínio  
Fonte: Autoria própria

- Cortar um círculo de papel cartão que servirá para cobrir a estrutura da plataforma giratória, conforme pode ser visualizado na figura 7.



Figura 7: Papel cartão fixado na lâmina de galvanizado  
Fonte: Autoria própria

- Montar o anteparo lateral: cortar a partir de duas folhas de papel cartão um retângulo com o comprimento total da folha e 35 cm de altura, juntar as duas partes. Após envolver toda a circunferência da lâmina de galvanizado,

prender na parte interna da mesma utilizando a fita adesiva e fazer um recorte para o celular, conforme pode ser visualizado na figura 8.



Figura 8: Plataforma giratória com anteparo concluída  
Fonte: Autoria própria

## 2.2 Experimento 1: Balde de Newton em plataforma giratória.

O experimento do Balde de Newton utiliza a base da plataforma giratória e uma cuba de acrílico acoplada sobre a régua de alumínio. Para a montagem da mesma, é necessário o corte das seguintes peças de material acrílico (5 mm de espessura):

- 02 peças de 16 cm x 16 cm;
- 02 peças de 17 cm x 1,5 cm;
- 02 peças de 16 cm x 1,5 cm;
- 01 peça de 3 cm x 5,5 cm (suporte);

Fazer a montagem da cuba de acordo com a figura 9, utilizando a cola para acrílico (clorofórmio).

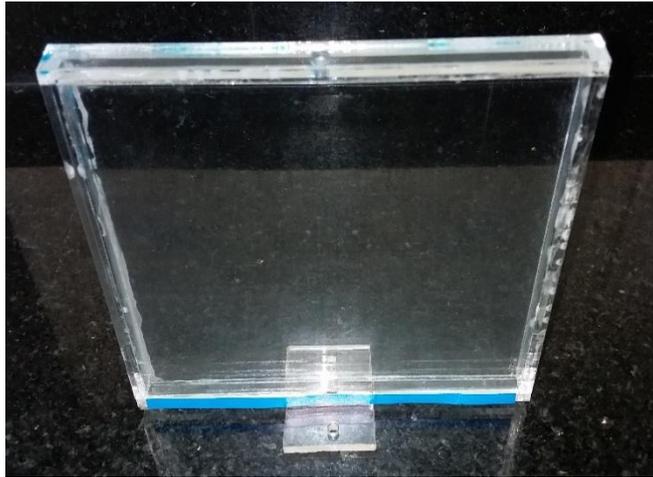


Figura 9: Cuba de acrílico  
Fonte: Autoria própria

Após executar a montagem da cuba acrílica, colocar água com corante utilizando uma seringa até aproximadamente um terço de sua altura e fixar a mesma na régua de alumínio. Assim, conforme observa-se na figura 10, o experimento está concluído para que sejam executadas as filmagens.



Figura 10: Experimento 1: Balde de Newton em plataforma giratória concluído  
Fonte: Autoria própria

### **2.3 Experimento 2: Pêndulo em plataforma giratória.**

O experimento do pêndulo também utiliza a base da plataforma giratória e uma base com um ou dois pêndulos fixados na régua de alumínio, para esse sistema é necessário:

- Soldar uma das extremidades da barra de parafuso de 19 cm com uma extremidade da barra de 4,5 cm. Fazer isso para as duas barras.
- Fazer, a partir das lâminas de arco de serra de cortar ferro, os pêndulos, utilizando a esmerilhadeira; após pintar da cor de sua preferência (optou-se por preto).
- Furar a barra de polietileno (suporte para o pêndulo) e prender as barras de parafuso com porca e contra-porca acima e abaixo da barra, conforme pode ser observado na figura 11.



Figura 11: Montagem do suporte com dois pêndulos  
Fonte: Autoria própria

- Fixar a montagem observada na figura 11 na régua de alumínio da plataforma giratória, a mesma pode ser feita utilizando apenas um pêndulo, ou os dois pêndulos.

Assim, o experimento está concluído para que sejam executadas as filmagens, conforme pode ser observado na figura 12.



Figura 12: Experimento 2: Pêndulo em plataforma giratória concluído.  
Fonte: Autoria própria

## 2.4 Experimento 3: Carrinho em movimento retilíneo

O experimento do carrinho em movimento retilíneo é constituído de um carrinho que se move sobre um trilho. Nesse carrinho foi feito um dispositivo mecânico que solta uma esfera em um determinado ponto da trajetória e acoplado a esse sistema um suporte para celular, o que oportuniza a filmagem da queda da mesma. Desta forma, tem-se a possibilidade de realizar um movimento retilíneo uniforme ou um movimento retilíneo acelerado.

Para a montagem do protótipo do carrinho serão necessários os seguintes materiais:

- 04 - Roldanas de nylon com rolamento 3/4" (largura do U da peça – 20 mm);
- 01 - Chapa de mdf de 28 cm x 11 cm;
- 01 - Lâmina de alumínio de 60 cm x 2,5 cm x 3 mm;
- 01 - Lâmina de alumínio de 6 cm x 2,5 cm x 3 mm;
- 02 - Barras de parafuso 8mm de 26 cm cada;
- 16 - Porcas de 8 mm;

- 01 - Peça de 3 cm de cano pvc 20 mm;
- 01 - Suporte de celular (modelo usado em bastão de selfie);
- 06 - Braçadeiras de nylon (20 cm x 4 mm);
- Parafusos diversos;
- 01 – Bolinha de gude (diâmetro que permita ser colocada no cano pvc 20 mm);
- 01 pedaço de 10 cm de arame galvanizado 3 mm;

Materiais para o trilho e sistema elétrico:

- 11 m - Cano pvc 20 mm;
- 04 - Curvas de 90° (joelhos) para cano pvc 20 mm;
- 02 – T para cano pvc 20 mm;
- 08 – Emendas para cano pvc 20 mm;
- 01 - Chapa de mdf (8 cm x 10 cm);
- 01 – Chapa de galvanizado (30 cm x 30 cm);
- 01 – Motor de máquina de lavar (o motor utilizado tem os seguintes dados nominais: 127 V, 60 Hz, 1/8 CV, 1500 rpm, capacitor 20 µF/250 VAC, 1,97A);
- 01 – Chave rotativa – controlador de velocidade de ventilador com chave liga e desliga (a chave utilizada serve para até 1 000 W);
- 06 m – Corda trançada poliéster 2 mm;
- 06 – Rebite de repuxo em alumínio 4 mm;
- 02 - Buchas multiuso (amortecedor de impacto);
- 04 m - Fio de Nylon;
- Parafusos diversos;
- 02 – Parafusos tipo gancho pequeno;
- Fita isolante;
- 01 - Adaptador pino macho;
- 1,5 m - Fio de energia 1,5 mm;

E ainda, será feito uso das seguintes ferramentas de trabalho:

- Furadeira com diferentes tamanhos de brocas;
- Rebitador Manual;

- Chaves de fenda;
- Chaves Philips;
- Alicate;

#### Montagem do experimento:

Após organizar todos os materiais e ferramentas necessárias para a construção do experimento do carrinho em movimento retilíneo, proceda de acordo com os passos:

#### Montagem da base do carrinho:

1) Montar os eixos do carrinho: com as duas barras de parafuso 8 mm de 26 cm cada e as 4 roldanas, utilizando um sistema de porca e contraporca para dar o aperto necessário para fixar as roldanas, conforme figura 13.



Figura 13: Montagem dos eixos do carrinho  
Fonte: Autoria própria

2) Montar a base do carrinho: fixar os eixos do carrinho na chapa de mdf utilizando duas braçadeiras de nylon para cada um, conforme figura 14.



Figura 14: Montagem da base do carrinho  
Fonte: Autoria própria

3) Fixar um parafuso centralizado no mdf a 1 cm de uma das extremidades, observar figura 15. Esse parafuso será utilizado para fixar a corda trançada de poliéster de 2 mm, que estará enrolada na roldana do motor e puxará o carrinho. Assim a base do carrinho está concluída.



Figura 15: Base do carrinho concluída  
Fonte: Autoria própria

Montagem do sistema para filmagem e sistema mecânico para soltar a esfera:

4) Fazer dois furos na lâmina de alumínio de 6 cm de comprimento, a 2 cm de cada uma das extremidades. Fixar o suporte de celular em um dos furos, conforme figura 16.

5) Dobrar a lâmina de alumínio de 60 cm de comprimento na metade do seu comprimento obtendo um ângulo de  $90^\circ$ , observar figura 16.

6) Montar um sistema mecânico para soltar a esfera (bolinha de gude): Encurvar uma das pontas do pedaço de 10 cm do fio galvanizado, de modo que se obtenha uma agulha; furar o pedaço de 3 cm de cano pvc de modo que se possa passar essa agulha de fio galvanizado, observar figura 16.

7) Fixar a lâmina de 6 cm com suporte de celular em uma das extremidades da lâmina do item 5 com um parafuso, e o sistema mecânico do item 6 na outra extremidade com 2 braçadeiras de nylon, veja na figura 16.



Figura 16: Sistema para filmagem e sistema mecânico para soltar a esfera  
Fonte: Autoria própria

8) Fixar a lâmina do item 5 de modo centralizado na estrutura já montada do carrinho do item 2 com dois parafusos, conforme figura 17. Desse modo, a montagem do carrinho com sistema para filmagem e sistema mecânico para soltar a esfera está concluída.



Figura 17: Montagem do carrinho com sistema para filmagem e sistema mecânico para soltar a esfera concluída  
Fonte: Autoria própria

Montagem do trilho e sistema elétrico:

Sistema Elétrico:

- 1) Fixar o motor na chapa de MDF com parafusos;
- 2) Passar fita isolante nas extremidades da chapa de galvanizado;
- 3) Fixar a chapa de MDF com motor do item 1 na chapa de galvanizado com 4 rebites;

4) Conectar o fio de energia ao pino macho e ao motor;

5) Conectar o circuito do item 4 à chave rotativa;

A chave rotativa utilizada para esse experimento contém entrada para pino macho, o que tornou a ligação simples.

6) Amarrar uma ponta dos 6 metros de corda trançada de poliéster de 2 mm e enrolar na roldana do motor;

Os itens 1 a 6 da montagem do sistema elétrico podem ser observados na figura 18. Convém ressaltar ainda que é importante fazer uma proteção para a fiação do motor.



Figura 18: Sistema Elétrico  
Fonte: Autoria própria

Trilho:

7) Cortar as barras de cano pvc 20 mm:

- 10 pedaços de 1 metro cada;
- 02 pedaços de 18 cm cada;

- 02 pedaços de 15 cm cada;
- 02 pedaços de 8 cm cada

8) Montar o trilho: emendar os 10 pedaços de 1 m cada utilizando as 08 emendas para cano pvc 20 mm, formando 2 barras de 5 metros cada;

9) Juntar de um lado das extremidades as duas barras de 5 metros de cano pvc utilizando 2 curvas de 90° e um pedaço de 18 cm, conforme figura 19.

Colocar no centro do cano de 18 cm um parafuso tipo gancho pequeno (servirá para prender a corda de poliéster 2 mm que movimentará o carrinho).



Figura 19: Montagem de uma extremidade do trilho  
Fonte: Autoria própria

10) Montar o amortecedor de impacto do carrinho: Juntar um pedaço de cano pvc de 8 cm a um T e na saída formando 90° em relação ao trilho que ficará no chão acoplar um pedaço de 15 cm de cano pvc. Repetir esse procedimento 2 vezes, esta estrutura pode ser observada na figura 20. Prender as duas buchas multiuso nos pedaços de cano pvc de 15 cm com 2 braçadeiras de nylon;

11) Colocar nas extremidades do pedaço de cano pvc de 18 cm as duas curvas restantes de 90°; colocar um parafuso tipo gancho centralizado no pedaço de 18 cm (servirá de guia para a corda de poliéster de 2mm) e prender os 4 metros de fio de nylon em uma das extremidades, será utilizado para ativar o sistema mecânico para soltar a esfera, conforme figura 20.

12) Ao sistema montado no item 11, juntar o sistema montado no item 10, de acordo com figura 20;



Figura 20: Amortecedor de impacto  
Fonte: Autoria própria

13) Rebitar o sistema resultante do item 12 na chapa de galvanizado, de modo a centralizar a roldana do motor com o trilho, de acordo com a figura 21.

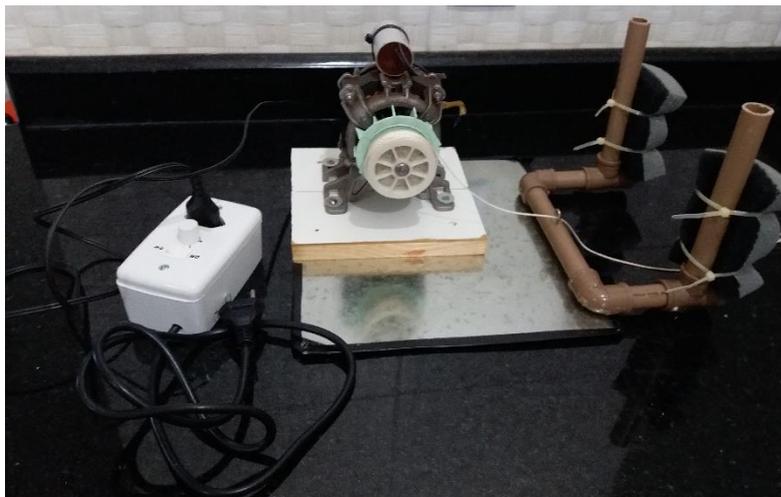


Figura 21: Sistema elétrico e amortecedor de impacto concluídos  
Fonte: Autoria própria

14) Acoplar o sistema obtido no item 13 com o trilho montado no item 8, observar imagem 22;

15) Amarrar a extremidade livre da corda de poliéster do item 6, no parafuso centralizado do carrinho.



Figura 22: Experimento 3: Carrinho em movimento retilíneo concluído  
Fonte: Autoria própria

Desta forma, o experimento está concluído para que sejam executadas as filmagens.

### **3 Funcionamento dos Experimentos**

Tendo sido feita a construção dos experimentos, pôde-se executar as filmagens para análise dos efeitos na água colorida, no movimento de um ou de dois pêndulos em movimento acelerado na plataforma giratória e também no movimento de queda da esfera (bolinha de gude) em movimento retilíneo uniforme e em movimento retilíneo acelerado.

Uma observação importante em relação à filmagem nos experimentos 1 e 2, as quais utilizam a plataforma giratória é de que, ao prender o celular no suporte, se passe uma fita adesiva ao redor do mesmo, para evitar que seja arremessado durante a execução do mesmo e quanto ao experimento 3, é importante ressaltar que a filmagem deve ser feita utilizando câmera lenta, para que o efeito possa ser melhor visualizado.

A seguir será detalhado o funcionamento de cada experimento:

#### **Experimento 1: Balde de Newton em plataforma giratória**

O objetivo é observar o que acontece com o movimento da água colorida na cuba acrílica a partir da análise no referencial acelerado (plataforma giratória). Para tal, é necessário que se tenha repouso do celular em relação à cuba, e isso é obtido ao colocá-lo no suporte; e também que se tenha a sensação de repouso reproduzida no vídeo, portanto a filmagem deve ser feita em ambiente escurecido, apenas com o flash do celular, e que os referenciais externos não apareçam na filmagem, conforme se pode observar na figura 8.

Feito isso, ativar a câmera do celular com flash e ligar o experimento na rede elétrica, no caso 127 V, aumentando a velocidade até formar uma concavidade na superfície da água, e então gradativamente diminuí-la. O efeito obtido pode ser observado na figura 23.



Figura 23: Efeito observado na superfície da água colorida  
Fonte: Autoria própria

Na sequência didática, os alunos assistirão aos vídeos e farão discussões em grupos sobre o que foi observado, a qual grandeza física relacionam este efeito provocado na superfície da água e sobre como o caracterizam, e ainda sobre como imaginam ter sido construído o experimento que deu origem ao vídeo, isso sem terem visto o experimento.

#### Experimento 2: Pêndulo em plataforma giratória.

Neste experimento, pretende-se analisar o que acontece com o movimento de um pêndulo e de dois pêndulos, que será feito no referencial acelerado (plataforma giratória), assim como no experimento 1. Para isso, é fundamental que o celular esteja em repouso em relação ao pêndulo, o que é obtido ao colocá-lo no suporte; e também que a sensação de repouso seja reproduzida no vídeo, portanto a filmagem também deve ser feita em ambiente escurecido, apenas com o flash do celular, e que os referenciais externos não apareçam na filmagem, conforme observado na figura 8.

Feito isso, ativar a câmera do celular com flash e ligar o experimento na rede elétrica, 127 V, com um pêndulo no suporte, aumentando a velocidade até o pêndulo ser inclinado para fora da plataforma giratória até uma certa altura, e então gradativamente diminuir a mesma, reproduzir esse procedimento para dois pêndulos no suporte. O efeito obtido pode ser observado nas figuras 24 e 25.

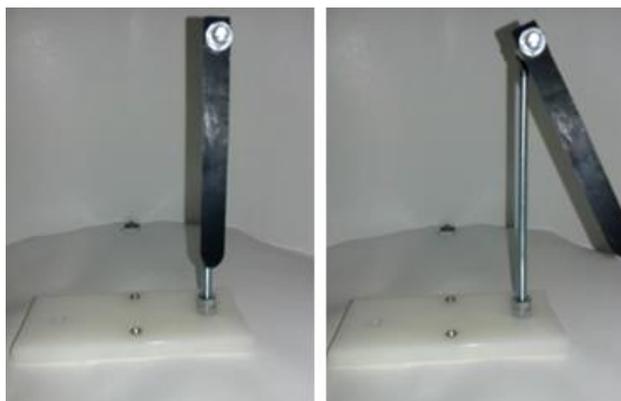


Figura 24: Efeito observado com um pêndulo  
Fonte: Autoria própria



Figura 25: Efeito observado com dois pêndulos  
Fonte: Autoria própria

Assim como no experimento 1, na sequência didática, os alunos assistirão aos vídeos e farão discussões em grupos sobre o que foi observado no movimento do (s) pêndulo (s), a qual grandeza física relacionam o efeito visualizado e sobre como caracterizá-lo, e ainda sobre como imaginam ter sido construído o experimento que deu origem aos vídeos, isso sem ter visto o experimento. Depois de realizadas as discussões em grupos e com a sala, os experimentos serão mostrados aos alunos e será concedido um momento para que explorem os mesmos.

### Experimento 3: Carrinho em movimento retilíneo.

A partir da montagem experimental da figura 22, executar a filmagem em câmera lenta da queda da esfera em duas situações: carrinho com velocidade constante e carrinho com movimento acelerado.

A análise proposta para este experimento na sequência didática é de inicialmente mostrar as fotos da montagem experimental e um vídeo externo

explicando o funcionamento nas duas situações filmadas, e então passar os vídeos produzidos a partir do mesmo, propondo discussão em grupos no intuito de investigar o que eles observaram na trajetória do movimento de queda da esfera, como é possível observar nas figuras 26 e 27, relacionando o efeito visualizado ao referencial em que se encontra em cada situação e ainda diferenciar referenciais inerciais e não inerciais.



Figura 26: Queda da esfera com o carrinho em velocidade constante  
Fonte: Autoria própria

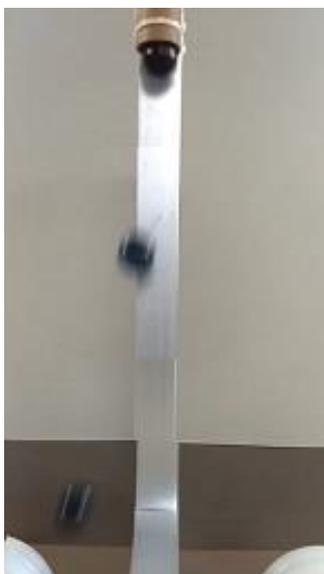


Figura 27: Queda da esfera com o carrinho com movimento acelerado  
Fonte: Autoria própria

## 4 Custos para construção dos experimentos

Durante a construção dos experimentos, as escolhas dos componentes que seriam utilizados foram baseadas na qualidade do experimento, facilidade de aquisição e construção e ainda no custo, sempre se procurou por materiais alternativos para que o mesmo pudesse ser reduzido. E ainda convém ressaltar que muitos dos materiais foram conseguidos como doação.

Acredita-se que esses experimentos possam ser construídos por qualquer professor, fazendo uso de conhecimentos básicos de eletricidade e mecânica.

Abaixo é apresentada uma descrição dos custos para a construção dos experimentos:

Tabela 1: Custos dos materiais utilizados para construção do experimento 1 e do experimento 2

<b>Materiais</b>	<b>R\$</b>
Motor máq. de lavar (novo)	80,00
Luva para cano pvc 250mm	35,00
Suporte para celular	15,00
Disco de mdf	15,00
Controlador de velocidade	15,00
Recipiente para água colorida – cuba em acrílico	35,00
Parafusos	5,00
Papel cartão (4 folhas)	6,00
Régua e lâminas de alumínio (ferro velho)	15,00
Pêndulo (feito com serras de ferro usadas + spray pintura)	5,00
<b>Total</b>	<b>226,00</b>

Fonte: Autoria Própria

Tabela 2: Custos dos materiais utilizados para construção do experimento 3

<b>Materiais</b>	<b>R\$</b>
Canos pvc 20 mm, curvas e T	37,00
Roldanas (rodas)	50,00
Motor máquina de lavar	80,00
Controlador de velocidade	30,00
Mdf	-
Chapa metálica galvanizada	-
Bastão de self (suporte de celular)	30,00
Bola de gude, fio, buchas (absorver impacto)	-
Total	227,00

Fonte: Autoria Própria

## 5 Sequência didática

### Referenciais: estabelecendo o cenário apropriado para aplicação das leis de Newton no ensino da dinâmica

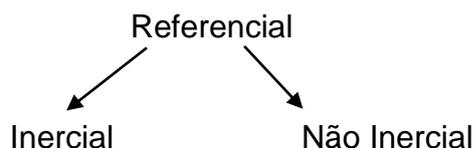
#### Aula 1: Investigação dos conhecimentos prévios sobre Referenciais: inerciais e não inerciais

**Objetivo:** Analisar os conhecimentos prévios dos alunos em relação a referenciais.

#### **Atividade 1: Construção de um mapa mental - Referenciais: inerciais e não inerciais**

Nesta atividade, será exposto aos alunos o conceito de mapa mental e mapa conceitual, baseado em Marco Antônio Moreira (2010). Se o professor não trabalha com esse tipo de atividade, sugere-se trabalhar um texto explicativo sobre mapas mentais e conceituais, conforme o anexo 1.

Feito isso, os alunos serão motivados a elaborar um mapa mental com o tema Referenciais: inerciais e não inerciais, conforme apêndice A.



Na elaboração de um mapa mental, o aluno tem liberdade para relacionar os seus conhecimentos prévios sobre o conteúdo teórico e fazer relação com sua prática cotidiana, bem como com outros ramos da Física e suas representações sociais. Os mapas mentais serão entregues à professora e, no final da aplicação da sequência didática, serão analisados novamente.

#### Aula 2: Influência de referenciais acelerados sobre o movimento dos corpos em situações práticas

**Objetivo:** Averiguar e observar a influência de um referencial não inercial no movimento de um corpo em situações práticas.

### **Atividade 2: Investigando a influência de referenciais no movimento**

Nesta aula, será proposto que os alunos assistam a um vídeo sem áudio, o qual discute o movimento da água na privada, em uma pia, na qual é realizada uma experiência com duas piscinas abertas no fundo, em uma situação bem controlada, em que a água é submetida ao repouso durante vinte e quatro horas, tempo suficiente para que a mesma se acomode na piscina, e então as piscinas são abertas no fundo e um corante líquido de várias cores é colocado na mesma. Observa-se a formação de um vórtice, no hemisfério Norte no sentido anti-horário e no hemisfério Sul no sentido horário. E ainda no final do vídeo, é analisado o movimento das camadas de ar nos dois hemisférios.

O vídeo está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mXaad0rsV38&feature=share> acesso em 16/10/2017, o mesmo encontra-se em inglês, portanto no anexo 2, consta uma transcrição para o português.

Assim, tendo assistido ao vídeo, os alunos deverão responder, em duplas, aos seguintes questionamentos, que estão disponíveis no apêndice B:

1. No vídeo, observa-se um experimento feito com uma piscina no hemisfério Norte e outra no hemisfério Sul.



Figura 28: Movimento da água em uma piscina com abertura no fundo  
Fonte: Recorte do vídeo

a) Você percebeu no vídeo diferença no movimento da água no interior das piscinas? Exemplifique.

b) Como você caracteriza essas variações no movimento da água na piscina?

2. No vídeo, observa-se que o movimento das camadas de ar no hemisfério Norte se dá no sentido anti-horário e no hemisfério Sul no sentido horário.

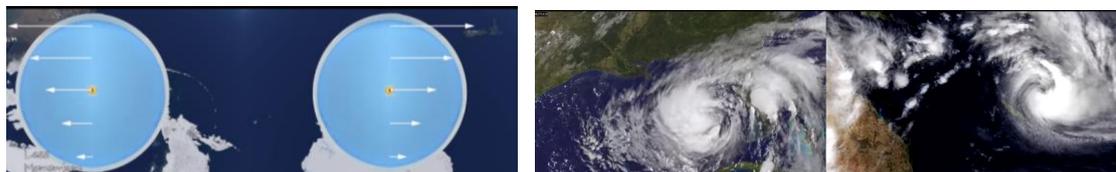


Figura 29: Movimento das camadas de ar nos hemisférios

Fonte: Recorte do vídeo

a) Como você caracteriza essas variações no movimento das camadas de ar?

b) Estas variações no movimento das camadas de ar estão relacionadas a qual grandeza física?

Após, será feita uma discussão em grande grupo sobre a atividade realizada, destacando as observações feitas pelos alunos sobre os efeitos observados no vídeo decorrentes do movimento de rotação da Terra e para encerrar esta aula, os alunos assistirão novamente ao vídeo.

### **Aulas 3 e 4: Análise de vídeos produzidos a partir dos experimentos 1 e 2: referenciais não inerciais e observação dos experimentos**

**Objetivo:** Observar e investigar a influência de um referencial não inercial no movimento de um corpo (água e pêndulo).

#### **Atividade 3: Investigando a influência de referenciais no movimento de um corpo a partir de experimentos- I**

Nesta aula, será feita uma investigação da influência dos referenciais no movimento de um corpo, para isso será proposto que os alunos assistam a três vídeos do objeto deste produto educacional feito a partir dos experimentos 1 e 2, os mesmos em referenciais não inerciais, em que o celular utilizado para a filmar permanece em repouso em relação à cuba com água e ao (s) pêndulo (s):

Primeiro vídeo: Esfera solta com carrinho em movimento retilíneo com velocidade constante.

Vídeo disponível em:

<[https://www.youtube.com/watch?v=qh4OLPqd\\_1E](https://www.youtube.com/watch?v=qh4OLPqd_1E)> acesso em 01/04/2019.

Segundo vídeo: Esfera solta com carrinho em movimento retilíneo com aceleração.

Vídeo disponível em:  
<<https://www.youtube.com/watch?v=ZLVwt9CY0E>> acesso em 01/04/2019.

- Terceiro vídeo: Experimento 2: Dois Pêndulos;

Vídeo disponível em:  
<<https://www.youtube.com/watch?v=WrgspGaOpAc>> acesso em 01/04/2019.

Feito isso serão propostas para discussão algumas questões, em grupos de 4 alunos:

Em relação ao primeiro vídeo: Carrinho em movimento retilíneo com velocidade constante.

Tendo assistido aos vídeos, em grupos de 4 alunos, deverão responder aos seguintes questionamentos, que deverão ser entregues à professora ao final da aula:

1. Em relação ao primeiro vídeo: Balde de Newton.

a) O que você observa em relação à coluna de água colorida no recipiente?

b) Qual grandeza física você acredita estar provocando este movimento na coluna de água?

c) Como você caracterizaria o observado no vídeo?

2. Em relação ao segundo e terceiro vídeos: Pêndulo (s).

a) O que você observa em relação aos pêndulos?

b) Qual grandeza física você acredita estar provocando este movimento dos pêndulos?

c) Como você caracterizaria o observado nos vídeos?

3. Esses vídeos foram produzidos a partir de experimentos, como você imagina ter sido montado o aparato experimental utilizado para originar os vídeos 1, 2 e 3?

Após responderem aos questionamentos em grupos, que deverão ser entregues à professora, será feita a discussão das respostas com a turma toda e, concluída esta etapa, os experimentos serão apresentados para a turma e será disponibilizado um tempo para que os alunos possam explorá-lo e executarem filmagens com o seu celular, sendo feita mais uma análise oral.

## **Aulas 5 e 6: Referenciais inerciais e não inerciais em movimento retilíneo**

**Objetivo:** Observar, investigar e diferenciar o movimento de uma esfera em um referencial inercial e em um referencial não inercial, ambos para um movimento retilíneo.

### **Atividade 4: Investigando a influência de referenciais no movimento de um corpo a partir de experimentos - II**

Nesta aula, será trabalhada a segunda parte do objeto deste produto educacional: o experimento 3, em que um carrinho em movimento retilíneo uniforme e em movimento retilíneo acelerado, no qual tem-se um dispositivo mecânico que solta uma esfera durante ambos os movimentos: com velocidade constante e com velocidade variável, assim tem-se dois comportamentos diferentes para a trajetória da queda da mesma.

A análise proposta para este experimento é de inicialmente mostrar fotos e um vídeo externo explicando seu funcionamento, e então passar os vídeos produzidos a partir do mesmo, em que o celular utilizado para a filmar permanece em repouso em relação ao carrinho, com o intuito de que observem a trajetória da esfera, relacionando a trajetória da queda com o referencial em que se encontra.

Primeiro vídeo: Esfera solta com carrinho em movimento retilíneo com velocidade constante.

Vídeo disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=qh4OLPqd\\_1E](https://www.youtube.com/watch?v=qh4OLPqd_1E)> acesso em 01/04/2019.

Segundo vídeo: Esfera solta com carrinho em movimento retilíneo com aceleração.

Vídeo disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZLVwt9CY0E>> acesso em 01/04/2019.

Feito isso serão propostas para discussão algumas questões, apêndice D, em grupos de 4 alunos:

Em relação ao primeiro vídeo: Carrinho em movimento retilíneo com velocidade constante.

1. O que você observa em relação à queda da bolinha? Por que a trajetória da queda tem este comportamento?

2. Se a esfera fosse solta pelo dispositivo a partir do repouso, qual seria a trajetória descrita pela mesma?

3. Como você classifica o carrinho em movimento retilíneo com velocidade constante: referencial inercial ou referencial não inercial.

4. É possível estabelecer alguma relação da trajetória de queda da esfera a partir do repouso e no experimento com velocidade constante? Explique.

Em relação ao segundo vídeo: Movimento retilíneo com aceleração.

5. O que você observa em relação à queda da esfera? Por que a trajetória da queda tem este comportamento?

6. Como você classifica o carrinho em movimento retilíneo com movimento acelerado: referencial inercial ou referencial não inercial?

7. É possível compreender e explicar perfeitamente os fenômenos físicos relacionados ao movimento de um corpo, como por exemplo a trajetória de queda da esfera em referenciais não inerciais? Explique.

Tendo respondido aos questionários, os mesmos deverão ser entregues à professora e serão discutidas as respostas obtidas com a turma toda. Feito isso o experimento será mostrado aos mesmos, concedendo um tempo para que os alunos possam explorá-lo, produzir seus próprios vídeos, sendo feita mais uma análise oral.

## **Aula 7: Apresentação das Leis de Newton**

**Objetivo:** Apresentar as leis de Newton, definindo o cenário para os quais os fenômenos dinâmicos associados a uma partícula são válidos.

Esta aula será teórica expositiva com a utilização de slides, onde as leis de Newton serão apresentadas após observação, análise e investigação da influência de Referenciais inerciais e não inerciais no estudo da dinâmica do movimento de um corpo, para os quais os fenômenos dinâmicos não têm uma explicação precisa, ou seja, quando o observador está no referencial não inercial, não é possível compreender e explicar alguns fenômenos e efeitos observados,

portanto, para estes referenciais, as leis físicas não são as mesmas para referenciais inerciais.

Desse modo, na sequência será definido o cenário para aplicação da dinâmica para o ensino médio, o enunciado da lei fundamental da dinâmica, 2ª lei de Newton aplicada a referenciais inerciais e o princípio da ação e reação (3ª lei de Newton), o qual será apresentado como princípio pelo fato de que sua abordagem neste trabalho será feita de forma superficial e qualitativa, por não fazer parte da discussão teórica do mesmo.

Definição: Cenário para aplicação da dinâmica Newtoniana

O cenário apropriado para o estudo dos fenômenos dinâmicos associados a uma partícula no ensino médio são os referenciais inerciais, que são sistemas de referência em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, com velocidade constante, uns em relação aos outros.

Em referenciais inerciais, tem-se o estudo dos fenômenos mecânicos apenas em termos de forças reais, que são forças aplicadas sobre uma partícula.

2ª lei de Newton aplicada a referenciais inerciais: lei fundamental da dinâmica

Se uma força resultante não nula for aplicada sobre uma partícula, então haverá uma variação na velocidade da mesma, que será inversamente proporcional a uma propriedade própria da partícula, chamada massa.

$$\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{F}}{m} \rightarrow \Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Portanto, se não atuarem forças sobre a partícula ou se a soma das forças resultantes que atuam sobre a mesma forem iguais a zero,  $\Sigma \vec{F} = 0$ , então a partícula encontra-se em estado inercial, ou seja, em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. Dessa forma, o estado inercial é um caso particular da segunda lei de Newton, sendo a inércia compreendida como a resistência de um corpo à alteração de seu estado de repouso ou movimento, isto é, a mesma é diretamente proporcional à massa do corpo.

Princípio da ação e reação: A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas.

## **Aula 8: Atividades com tirinhas sobre estado inercial**

Objetivo: Exemplificar situações sobre o estado inercial e identificar situações cotidianas para representação através de tirinhas.

### Atividade 5: Atividade sobre estado inercial

Nesta atividade, apêndice E, serão apresentados dois modelos de tirinhas sobre o estado inercial, as mesmas serão discutidas com os alunos e após será proposto que os mesmos produzam uma, escolhendo para representar ou o estado inercial de repouso ou o estado inercial de movimento com velocidade constante, que deverá ser entregue para a professora.

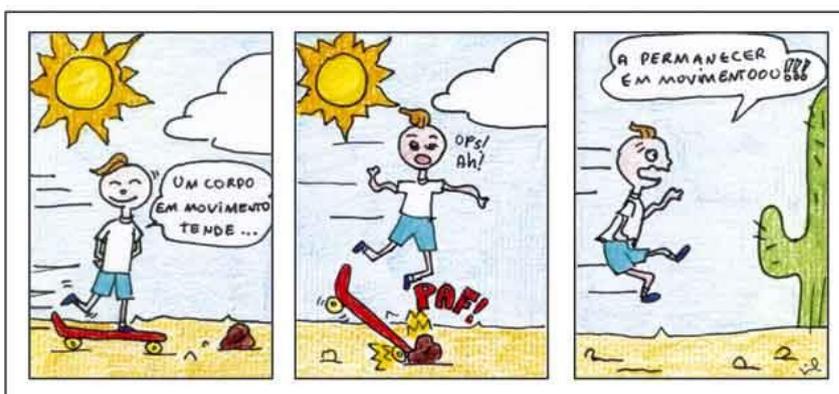


Figura 30: Exemplo de tirinha sobre estado inercial - movimento

Fonte:

[http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas\\_menu/por\\_assunto/inercia.htm](http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas_menu/por_assunto/inercia.htm)

>acesso em 27/07/2018.



Figura 31: Exemplo de tirinha sobre estado inercial - repouso

Fonte:

[http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas\\_menu/por\\_assunto/inercia.htm](http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas_menu/por_assunto/inercia.htm)

>acesso em 27/07/2018.

### Aulas 9 e 10: Atividades práticas simples sobre leis de Newton

Objetivo: Realizar atividades experimentais simples envolvendo as leis de Newton, reconhecer e analisar situações práticas simples de aplicação das leis de Newton e do estado inercial.

### **Atividade 6: Atividades práticas simples sobre leis de Newton**

Esta atividade está dividida em três práticas simples: experimento 4, experimento 5 e experimento 6, envolvendo as leis de Newton e o estado inercial, as quais seguem abaixo com os respectivos roteiros para aplicação:

#### **Experimento 4: Segunda Lei de Newton – Apêndice F**

##### **Materiais:**

- 2 Carrinhos de brinquedo iguais (mesma massa) tipo caminhão;
- Borracha (tipo elástica de amarrar dinheiro);
- Barbante;
- Saquinhos de areia de igual massa;
- Cartolina com escala, com comprimento de 1 metro;

##### **Montagem experimental:**

- Cortar o elástico e amarrar 30 cm de barbante de cada lado;
- Prender os carrinhos frente a frente nas extremidades dos barbantes;
- Fixar a cartolina em uma superfície horizontal plana;

#### **Atividade 6.1 – Atividades experimentais sobre Segunda Lei de Newton**

1. Afastar os carrinhos até a distância de 1 metro e soltá-los, marcando com lápis as posições onde eles se colidem. Repetir por 5 vezes e preencher a tabela abaixo:

Tabela 3: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 - I

	Carrinho 1	Carrinho 2
$\Delta S$		

Fonte: Autoria Própria

2. Adicionar aos carrinhos 1 e 2, um saquinho de areia. Afastá-los até a distância de 1 metro e soltá-los, marcando com um lápis a posição em que eles colidem. Repetir a atividade por 5 vezes e registrar na tabela abaixo:

Tabela 4: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 - II

	Carrinho 1	Carrinho 2
$\Delta S$		

Fonte: Autoria Própria

3. Adicionar aos carrinhos 1 e 2, dois saquinhos de areia. Afastá-los até a distância de 1 metro e soltá-los, marcando com um lápis a posição em que eles colidem. Repetir a atividade por 5 vezes e registrar na tabela abaixo:

Tabela 5: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 - III

	Carrinho 1	Carrinho 2
$\Delta S$		

Fonte: Autoria Própria

4. Em relação às tabelas 3, 4 e 5, o que se pode concluir a respeito das distâncias  $\Delta S$  percorridas pelos carrinhos 1 e 2?

5. O que se pode concluir a respeito das acelerações a que ficam submetidos os carrinhos 1 e 2 nos experimentos feitos nas questões 1, 2 e 3? Têm valores iguais ou diferentes? Explique.

6. O que se pode concluir a respeito das forças que o elástico exerce sobre os carrinhos 1 e 2 nos experimentos feitos nas questões 1, 2 e 3? Têm valores iguais ou diferentes? Explique.

7. Adicionar ao carrinho 1, um saquinho de areia e ao carrinho 2, dois saquinhos de areia. Afastá-los até a distância de 1 metro e soltá-los, marcando com um lápis a posição em que eles colidem. Repetir a atividade por 5 vezes e registrar na tabela abaixo:

Tabela 6: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 - IV

	Carrinho 1	Carrinho 2
$\Delta S$		

Fonte: Autoria Própria

8. Adicionar ao carrinho 1, um saquinho de areia e, ao carrinho 2, três saquinhos de areia. Afastá-los até a distância de 1 metro e soltá-los, marcando com um lápis a posição em que eles colidem. Repetir a atividade por 5 vezes e registrar na tabela abaixo:

Tabela 7: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 - V

	Carrinho 1	Carrinho 2
$\Delta S$		

Fonte: Autoria Própria

9. Em relação às tabelas 6 e 7, o que se pode concluir a respeito das distâncias  $\Delta S$  percorridas pelos carrinhos 1 e 2?

10. O que se pode concluir a respeito das acelerações a que ficam submetidos os carrinhos 1 e 2 nos experimentos feitos nas questões 7 e 8? Têm valores iguais ou diferentes? Explique.

11. O que se pode concluir a respeito das forças que o elástico exerce sobre os carrinhos 1 e 2 nos experimentos feitos nas questões 7 e 8? Têm valores iguais ou diferentes? Explique.

12. Como podemos relacionar esta atividade prática à Segunda Lei de Newton? Explique.

### **Experimento 5: Estado Inercial – Apêndice G**

#### **Materiais:**

- Copo de vidro;
- 6 Moedas;
- Folha sulfite;
- Régua;

### **Atividade 6.2 – Atividades experimentais sobre estado inercial**

1. Em uma superfície horizontal plana, coloque uma folha sulfite e sobre ela uma moeda. Puxe a folha para frente lentamente, de forma que a moeda acompanhe a folha, aumente a velocidade progressivamente e pare bruscamente.

O que se pôde observar em relação ao movimento da moeda sobre a folha? Explique.

2. Em um copo, coloque a folha sulfite e nesta apoie uma moeda de forma que fique localizada no centro da mesma. A seguir, puxe a folha bruscamente. O que se pôde observar em relação ao movimento da moeda sobre a folha? Explique.

3. Em uma superfície plana apoie 6 moedas, uma sobre a outra de modo a empilhá-las. Com a parte mais fina de uma régua, bata na lateral da moeda inferior. Descreva o que ocorreu. Explique o porquê isso ocorre.

4. A que se pode relacionar os fatos observados nos exercícios 1, 2 e 3? Explique.

### **Experimento 6: Terceira Lei de Newton: Ação e reação – Apêndice H**

#### **Materiais:**

- 1 Balão;
- 1 Tubo de caneta vazia;
- Barbante;
- Carrinho de brinquedo pequeno;
- Cola quente;

### **Montagem experimental:**

Aquecer o tubo de caneta ao meio e dobrá-lo, de modo que forme noventa graus.

Prender um dos balões em uma das extremidades do tubo de caneta e amarrá-lo com o barbante. Feito isso, colar o tubo de caneta sobre o carrinho, com a ponta aberta do tubo voltada para a parte de trás do carrinho.

### **Atividade 6.3 – Atividades experimentais sobre terceira lei de Newton: ação e reação**

1. Encher o balão e soltar o carrinho em uma superfície plana horizontal. Relate o que você observa.

2. Pode-se justificar o movimento do carrinho com base nas forças de ação e reação da Terceira Lei de Newton? Explique.

3. Se sua resposta para a pergunta 2 foi sim, qual é a força de ação e a de reação? E o que se pode dizer sobre o sentido e o módulo das mesmas?

### **Aula 11: Avaliação Final e Questionário de Opinião**

Será proposto que os alunos façam um mapa conceitual, apêndice I com o tema Referenciais: inerciais e não inerciais, relacionando os conhecimentos prévios e os adquiridos durante a aplicação da sequência didática: Referenciais: estabelecendo o cenário apropriado para aplicação das leis de Newton no ensino da dinâmica. Posteriormente, será feita uma discussão dos avanços em relação ao mapa mental proposto na primeira aula.

E ainda, para avaliar a aplicação desta sequência didática, será proposto que os alunos respondam a um questionário de opinião, o qual consta no apêndice J.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Nussenzveig, Herch Moysés. **Curso de Física Básica: Mecânica**. São Paulo, 2013. Ed. Blucher. 5. Ed.

Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl. **Fundamentos de Física: Mecânica**. Rio de Janeiro, 2012. Ed. LTC. 9. Ed.

Young, Hugh D; Freedman, Roger A. **Física I: Mecânica**. São Paulo, 2003, Ed. Pearson Education do Brasil. 10, Ed.

Serway, Raymond A.; Jr, John W. Jewett.. **Princípios da Física: Mecânica Clássica**. São Paulo, 2011. Ed. Cengage Learning. 3, Ed.

Hewitt, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre, 2002. Ed. Bookman, 9. Ed.

Bonadiman, Hélio. **Mecânica: Movimento Retilíneo, Movimento Curvilíneo, Leis de Newton**. Ijuí, 2006. Ed. Unijuí.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Paralelo Editora; 1.<sup>a</sup> edição, PT- 467, janeiro de 2003.

Moreira, Marco Antonio. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. São Paulo, 2010. Ed. Centauro.

Moreira, Marco Antonio; Masini, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de Ausubel**. São Paulo, 2001. Ed Centauro.

Zabala, Antoni. **A Prática Educativa: Como Ensinar**. Porto Alegre, 1998. Ed Artmed

Moreira, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo, 2017. Ed E.P.U.

Moreira, Marco Antonio; Masini, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de Ausubel**. São Paulo, 2001. Ed Centauro.

Moreira, Marco Antonio. **O Que é Afinal Aprendizagem Significativa?** Porto Alegre. Instituto de Física UFRGS, 2012. Disponível em: < <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf> > Acesso em 04 jun. 2018.

**Diretrizes Curriculares de Física para a Educação Básica do Estado do Paraná (2006),**

BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B.; **O gostar e o aprender no ensino de Física: Uma proposta metodológica**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ijuí, RS, v. 24, n. 2, p. 194-223, 2007. Disponível em: < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/1087> > Acesso em 04 jun. 2018.

AMARAL, Ivan A. **Conhecimento formal, experimentação e estudo ambiental**. Ciência & Ensino, n.3, p.10-15, dez 1997. Disponível em: <file:///D:/Usuario/Downloads/23-78-1-PB.PDF > Acesso em 07/10/2018.

ARAÚJO, M. S. T. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, n. 2, p. 176 - 194, 2003. Disponível em: < [http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25\\_176.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_176.pdf) > Acesso em 04 jun. 2018.

SÉRÉ, M. G., COELHO, S. M., NUNES, A. D. **O papel da Experimentação no Ensino de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 20, n.1, p. 30-42, 2003.

Disponível: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/6560/6046> > Acesso em 04 jun. 2018.

**Exemplo de tirinha sobre estado inercial**. Disponível em: < [http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas\\_menu/por\\_assunto/inercia.htm](http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas_menu/por_assunto/inercia.htm) > acesso em 27/07/2018.

**Vídeo: Does Water Swirl the Other Way in the Southern Hemisphere?**

Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=mXaad0rsV38> > acesso em 01/08/2017.

**Vídeo 1 - Referencial - Balde de Newton.** Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=NOBh6FZIJAI>> Acesso em 01/04/2019.

**Vídeo 2 - Referencial - 1 pêndulo.** Disponível em: <

<https://www.youtube.com/watch?v=XDFarBsARoQ>> Acesso em 01/04/2019.

**Vídeo 3 - Referencial - 2 pêndulos.** Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=WrqspGaOpAc> > Acesso em 01/04/2019.

**Vídeo: Física Referenciais (PSSC - Frames of Reference parte 1 - legendado port).** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=fzV6J1iMwGI> >

acesso em 10/06/2017.

**Vídeo: Física Referenciais (PSSC - Frames of Reference parte 2 - legendado port).** Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=vzH0ioys-qk&t=93s> >

acesso em 10/06/2017.

**Vídeo: Movimento retilíneo com velocidade constante.** Disponível em:

<[https://www.youtube.com/watch?v=qh4OLPqd\\_1E](https://www.youtube.com/watch?v=qh4OLPqd_1E)> Acesso em 01/04/2019.

**Vídeo: Movimento retilíneo com aceleração.** Disponível em:

<[https://www.youtube.com/watch?v=\\_ZLVwt9CY0E](https://www.youtube.com/watch?v=_ZLVwt9CY0E)> Acesso em 01/04/2019.

## **ANEXO 1: Texto sobre mapas mentais e mapas conceituais**

### **Mapas Conceituais**

São diagramas indicando relações entre conceitos ou entre palavras que usamos para representá-los. Buscam relacionar e hierarquizar os conceitos, estabelecer relações significativas.

Não devem ser confundidos com mapas mentais que são associacionistas, não se ocupam de relações entre conceitos, incluem coisas que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente.

### **Como Construir um Mapa Conceitual**

1. Identifique os conceitos-chave do conteúdo que vai mapear e coloque-os em uma lista. Limite entre 6 e 10 o número de conceitos.
2. Ordene os conceitos, colocando o(s) mais geral(is), mais inclusivo(s), no topo do mapa e, gradualmente, vá agregando os demais até completar o diagrama de acordo com o princípio da diferenciação progressiva. Algumas vezes é difícil identificar os conceitos mais gerais, mais inclusivos; neste caso é útil analisar o contexto no qual os conceitos estão sendo considerados ou ter uma ideia da situação em que tais conceitos devem ser ordenados.
3. Conecte os conceitos com linhas e rotule essas linhas com uma ou mais palavras-chave que explicitem a relação entre os conceitos. Os conceitos e as palavras-chave devem sugerir uma proposição que expresse significado da relação.
4. Setas podem ser usadas quando se quer dar um sentido a uma relação. No entanto, o uso de muitas setas acaba por transformar o mapa conceitual em um diagrama de fluxo.
5. Evite palavras que apenas indiquem relações triviais entre os conceitos. Busque relações horizontais e cruzadas.
6. Exemplos podem ser agregados ao mapa, embaixo dos conceitos correspondentes. Em geral, os exemplos ficam na parte inferior do mapa.
7. Geralmente, o primeiro intento de mapa tem simetria pobre e alguns conceitos ou grupos de conceitos acabam mal situados em relação aos outros que estão mais relacionados. Nesse caso, é útil reconstruir o mapa.
8. Não há um único modo de traçar mapa conceitual. É um instrumento dinâmico, refletindo a compreensão de quem o faz no momento em que o faz.

Texto retirado do livro de Marco Antônio Moreira, de acordo com a referência bibliográfica: Moreira, Marco Antonio. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. São Paulo, 2010. Ed. Centauro, páginas 11, 30 e 31.

## **Anexo 2: Transcrição do vídeo: Does Water Swirl the Other Way in the Southern Hemisphere?**

### **A água gira em outro sentido no hemisfério sul?**

**Derek:** Dois anos atrás, meu amigo Dustin e eu queríamos responder definitivamente à pergunta: a água realmente gira na direção oposta pelo ralo no outro hemisfério? Na época, eu estava morando em Sydney na Austrália e Dustin estava morando em Huntsville no Alabama. Essas coordenadas estavam sobre a mesma latitude, mas de lados opostos da linha do Equador. Então criamos dois vídeos que foram feitos para serem assistidos simultaneamente. Assista-os agora. Os Simpson fizeram um episódio inteiro baseado em descarga de vaso sanitário girando na direção oposta na Austrália. Outros programas supostamente demonstraram esse efeito.

**Destin:** Eu vi documentários que parecia identificar que o hemisfério que você está determina qual direção a água irá girar. Mas eu vi outro que mostra um grupo de pessoas que parecem bem confiantes de que não importa onde você está, a água irá girar na direção que ela quiser.

**Derek:** Então, isso é um efeito real ou não?

**Hank:** A aplicação desse princípio para drenar a água nos dois hemisférios da Terra é besteira.

**Destin:** Mas se você resolver olhar para tentar descobrir qual a direção que a água gira na privada...

**Derek:** Você encontrará resultados inconsistentes.

**Destin:** Aqui no Alabama eu notei que algumas vezes a água gira no sentido anti-horário, e às vezes no sentido horário.

**Derek:** Essa pia às vezes drena a água em uma direção e às vezes na direção contrária.

**Destin:** A maioria dos vasos sanitários possui pequenos jatos e são eles que determinam a direção em que a água gira, e não o hemisfério que você está.

**Derek:** Em qualquer recipiente de água, sempre terá alguma rotação: a água não está perfeitamente parada. E é isso que determina a direção.

**Destin:** Então é um mito: atravessar o equador não significa que a água do vaso sanitário irá girar em um sentido e não no outro. Mas se nós fizermos um experimento controlado?

**Derek:** E se nós pudéssemos eliminar todo o movimento da água?

**Destin:** Esta é uma piscina infantil de um metro e meio.

**Derek:** Eu tenho aqui uma piscina infantil de um metro e meio.

**Destin:** Ao invés de encher a piscina com vorticidade. Eu vou inche-la no sentido contrário: sentido horário.

**Derek:** Eu estou enchendo a piscina no sentido anti-horário para ter certeza de que qualquer movimento no sentido horário que nós vemos não está ligado a maneira que eu enchi a piscina.

**Destin:** Vamos esperar um dia para a água se acomodar. Para que saibamos que a água está completamente parada.

**Derek:** Eu deixei a água parada por 24 horas. E parece que ela está completamente parada.

**Destin:** Eu não retirar o tampão do centro, se não isso irá determinar qual direção a água vai girar. Eu vou usar essa válvula para liberar a água.

**Derek:** Eu realmente quero que isso funcione. Deseje-me sorte Destin.

**Destin:** Boa sorte, Derek.

**Derek:** Estou prestes a abrir a tampa.

**Destin:** Abrindo a válvula em 3, 2, 1. A água deve estar saindo.

**Derek:** E a piscina está drenando. Mas não dá para ver nenhum movimento da água ainda.

**Destin:** A água está saindo por alguns minutos e eu não vi nada até agora. Então nós vamos colocar corante líquido.

**Derek:** Para nos ajudar a ver qual direção a água está girando, eu colocarei corante líquido nas quatro direções cardeais ao redor da piscina.

**Destin:** Deem uma olhada, é como se fosse um tornado. Nós temos uma rotação no sentido anti-horário. Nós enchemos a piscina no sentido horário, e agora ela está girando no sentido anti-horário.

**Derek:** Você claramente consegue ver que a água está girando no sentido horário. E isso faz sentido porque é assim que ela deveria girar no hemisfério sul devido à rotação da Terra.

**Destin:** Nós temos uma piscina infantil na minha garagem, e a Terra está girando e a água está girando no sentido anti-horário porque eu estou no hemisfério norte. É real.

**Derek:** Mas você pode ver o que tivemos que fazer para ver esse efeito. Você não verá no vaso sanitário, na banheira ou na pia, porque há outras fontes de ímpeto que elimina totalmente esse efeito.

**Destin:** E nós só provamos isso porque nós eliminamos as variáveis. A força inercial de Coriolis é real.

**Derek:** Para entender como funciona, imagine uma piscina com uma borda tocando o polo Sul.

**Destin:** Pense numa piscina perto do polo norte.

**Derek:** A piscina é estacionária em relação à Terra, mas todo dia ela faz uma completa rotação.

**Destin:** A Terra está girando em seu eixo, então a piscina gira em torno do polo uma vez por dia.

**Derek:** Agora você pode ver o lado da piscina mais distante do polo viaja muito mais longe a cada dia que o lado direito ao lado do polo.

**Destin:** A piscina inteira está se movendo, mas a parte que está mais próxima do Equador tem mais ímpeto, e a parte que está mais próxima do polo tem menos.

**Derek:** Então o lado externo da piscina se move mais rápido para o leste e quando se aproxima do polo a velocidade diminui para zero.

**Destin:** Pensa nessas velocidades em relação ao dreno no meio da piscina.

**Derek:** Agora, imagine que drenamos a piscina.

**Destin:** Quando nós tiramos a tampa ou abrimos a válvula, toda a água começa e se mover para o meio.

**Derek:** A água do outro lado está se movendo muito rápido em relação ao ralo, e assim vai para frente, enquanto que a água perto do polo está indo muito devagar, e por isso ela vai para trás.

**Destin:** O lado mais próximo do Equador vai mais rápido, então ela ultrapassa o ralo, mas a água mais próxima do polo vai mais devagar, então ela fica para trás. Então quando a água se aproxima do ralo, ela gira no sentido anti-horário.

**Destin:** Esta é a razão do por que os furacões giram no sentido anti-horário no hemisfério norte.

**Derek:** E essa é a razão do por que ciclones giram no sentido horário no hemisfério sul.

**Destin:** O centro do furacão tem menor pressão, assim como um ralo de uma piscina, então o furacão gira como a nossa piscina.

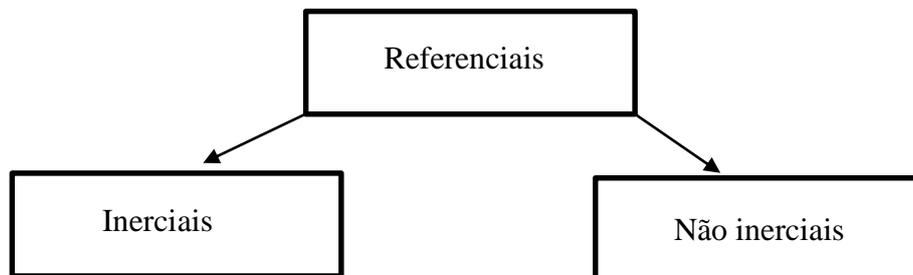
**Derek:** O ar de maior pressão entra no olho da tempestade, e assim como na nossa piscina, os redemoinhos são ditados pelo hemisfério.

E essa é a verdade sobre redemoinhos no vaso sanitário.

Transcrição feita pela professora de inglês: Poliana Migliavaca

## Apêndice A: Atividade 1 – Mapa mental – Referenciais: inerciais e não inerciais

Elabore um mapa mental sobre referenciais expressando e relacionando os seus conhecimentos sobre o conteúdo teórico e procurando fazer relação com sua prática cotidiana.



**Apêndice B: Atividade 2 – Investigando a influência de referenciais no movimento**

Após assistir ao vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mXaad0rsV38&feature=share> > acesso em 16/10/2017 <, responda aos seguintes questionamentos:

1. No vídeo, observa-se um experimento feito com uma piscina no hemisfério Norte e outra no hemisfério Sul.

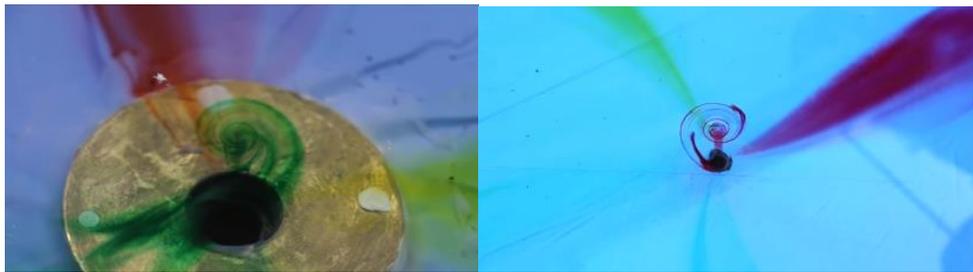


Figura 1- Movimento da água em uma piscina com abertura no fundo  
Fonte: Recorte do vídeo

a) Você percebeu, no vídeo, diferença no movimento da água no interior das piscinas? Exemplifique.

---

---

---

---

---

---

---

b) Como você caracteriza essas variações no movimento da água na piscina?

---

---

---

---

---

---

---

2. No vídeo observa-se que o movimento das camadas de ar no hemisfério Norte se dá no sentido anti-horário e no hemisfério Sul no sentido horário.



Figura 2 - Movimento das camadas de ar nos hemisférios  
Fonte: Recorte do vídeo

a) Como você caracteriza essas variações no movimento das camadas de ar?

---

---

---

---

---

---

---

b) Essas variações no movimento das camadas de ar estão relacionadas a qual grandeza física?

---

---

---

---

---

---

---

## Apêndice C: Atividade 3 – Investigando a influência de referenciais no movimento de um corpo a partir de experimentos – I

Após assistir aos vídeos, responda os questionamentos:

**Vídeo 1 - Referencial - Balde de Newton.** Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=NOBh6FZIJAI>> Acesso em 01/04/2019.

**Vídeo 2 - Referencial - 1 pêndulo.** Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=XDFarBsARoQ>> Acesso em 01/04/2019.

**Vídeo 3 - Referencial - 2 pêndulos.** Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=WrqspGaOpAc>> Acesso em 01/04/2019.

1. Em relação ao primeiro vídeo: Balde de Newton.

a) O que você observa em relação à coluna de água colorida no recipiente?

---

---

---

b) Qual grandeza física você acredita estar provocando este movimento na coluna de água?

---

---

---

---

---

c) Como você caracterizaria o que foi observado no vídeo?

---

---

---

---

---

---

2. Em relação ao segundo e terceiro vídeos: Pêndulo (s).

a) O que você observa em relação aos pêndulos?

---

---

---

---

---

b) Qual grandeza física você acredita estar provocando este movimento dos pêndulos?

---

---

---

---

---

c) Como você caracterizaria o que foi observado nos vídeos?

---

---

---

---

---

---

3. Esses vídeos foram produzidos a partir de experimentos, como você imagina ter sido montado o aparato experimental utilizado para originar os vídeos 1, 2 e 3?

---

---

---

---

---

---

---

## Apêndice D: Atividade 4 – Investigando a influência de referenciais no movimento de um corpo a partir de experimentos - II

Após assistir aos vídeos:

- **Movimento retilíneo com velocidade constante.** Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=qh4OLPqd\\_1E](https://www.youtube.com/watch?v=qh4OLPqd_1E)> Acesso em 01/04/2019.
- **Movimento retilíneo com aceleração.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZLVwt9CY0E>> Acesso em 01/04/2019.

Responda aos seguintes questionamentos:

Em relação ao primeiro vídeo: Carrinho em movimento retilíneo com velocidade constante.

1. O que você observa em relação à queda da esfera? Por que a trajetória da queda tem este comportamento?

---

---

---

---

2. Se a esfera fosse solta pelo dispositivo a partir do repouso, qual seria a trajetória descrita pela mesma?

---

---

---

---

3. Como você classifica o carrinho em movimento retilíneo com velocidade constante: referencial inercial ou referencial não inercial. Justifique.

---

---

---

---

4. É possível estabelecer alguma relação da trajetória de queda da esfera a partir do repouso e no experimento com velocidade constante? Explique.

---

---

---

---

---

5. O que você observa em relação à queda da esfera? Por que a trajetória da queda tem este comportamento?

---

---

---

---

6. Como você classifica o carrinho em movimento retilíneo com aceleração: referencial inercial ou referencial não inercial. Justifique.

---

---

---

---

7. É possível compreender e explicar perfeitamente os fenômenos físicos relacionados ao movimento de um corpo, como por exemplo a trajetória de queda da esfera em referenciais não inerciais? Explique.

---

---

---

---

## Apêndice E: Atividade 5: Tirinha sobre estado inercial

Com base nos exemplos de tirinhas abaixo, apresentados e discutidos em sala de aula, reproduza uma tirinha sobre estado inercial: escolha a tendência de permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme.

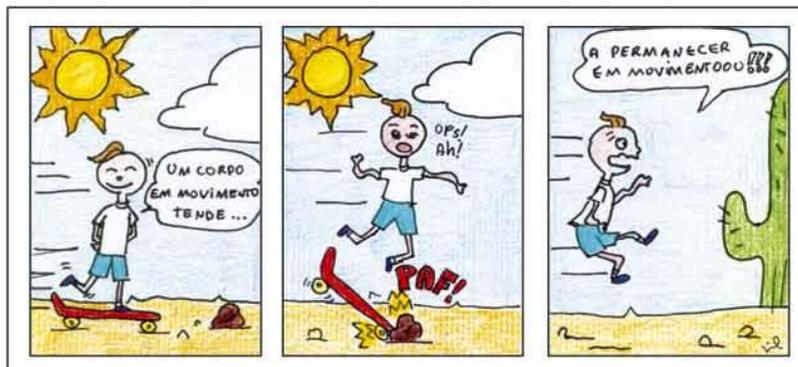


Figura 3. Exemplo de tirinha sobre estado inercial - movimento

Fonte:

[http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas\\_menu/por\\_assunto/inercia.htm](http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas_menu/por_assunto/inercia.htm)

>acesso em 27/07/2018.



Figura 4. Exemplo de tirinha sobre estado inercial - repouso

Fonte:

[http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas\\_menu/por\\_assunto/inercia.htm](http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas_menu/por_assunto/inercia.htm)

>acesso em 27/07/2018.

## Apêndice F: Atividade 6.1 – Atividades experimentais sobre Segunda Lei de Newton

### Experimento 4: Segunda Lei de Newton

#### Materiais:

- 2 Carrinhos de brinquedo iguais (mesma massa) tipo caminhão;
- Borracha (tipo elástica de amarrar dinheiro);
- Barbante;
- Saquinhos de areia de igual massa;
- Cartolina com escala, com comprimento de 1 metro;

#### Montagem experimental:

- Cortar o elástico e amarrar 30 cm de barbante de cada lado;
- Prender os carrinhos frente a frente nas extremidades dos barbantes;
- Fixar a cartolina em uma superfície horizontal plana;

#### Atividades:

1. Afastar os carrinhos até a distância de 1 metro e soltá-los, marcando com lápis as posições onde eles se colidem. Repetir por 5 vezes e preencher a tabela abaixo:

Tabela 3: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 - I

	Carrinho 1	Carrinho 2
$\Delta S$		

Fonte: Autoria Própria

2. Adicionar aos carrinhos 1 e 2, um saquinho de areia. Afastá-los até a distância de 1 metro e soltá-los, marcando com um lápis a posição em que eles colidem. Repetir a atividade por 5 vezes e registrar na tabela abaixo:

Tabela 4: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 - II

	Carrinho 1	Carrinho 2
$\Delta S$		

Fonte: Autoria Própria

3. Adicionar aos carrinhos 1 e 2, dois saquinhos de areia. Afastá-los até a distância de 1 metro e soltá-los, marcando com um lápis a posição em que eles colidem. Repetir a atividade por 5 vezes e registrar na tabela abaixo:

Tabela 5: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 - III

	Carrinho 1	Carrinho 2
$\Delta S$		

Fonte: Autoria Própria

4. Em relação às tabelas 3, 4 e 5, o que se pode concluir a respeito das distâncias  $\Delta S$  percorridas pelos carrinhos 1 e 2?

---



---



---



---

5. O que se pode concluir a respeito das acelerações a que ficam submetidos os carrinhos 1 e 2 nos experimentos feitos nas questões 1, 2 e 3? Têm valores iguais ou diferentes? Explique.

---

---

---

---

6. O que se pode concluir a respeito das forças que o elástico exerce sobre os carrinhos 1 e 2 nos experimentos feitos nas questões 1, 2 e 3? Têm valores iguais ou diferentes? Explique.

---

---

---

---

7. Adicionar ao carrinho 1, um saquinho de areia e ao carrinho 2, dois saquinhos de areia. Afastá-los até a distância de 1 metro e soltá-los, marcando com um lápis a posição em que eles colidem. Repetir a atividade por 5 vezes e registrar na tabela abaixo:

Tabela 6: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 - IV

	Carrinho 1	Carrinho 2
$\Delta S$		

Fonte: Autoria Própria

8. Adicionar ao carrinho 1, um saquinho de areia e ao carrinho 2, três saquinhos de areia. Afastá-los até a distância de 1 metro e soltá-los, marcando com um lápis a posição em que eles colidem. Repetir a atividade por 5 vezes e registrar na tabela abaixo:

Tabela 7: Deslocamentos carrinhos 1 e 2 - V

	Carrinho 1	Carrinho 2
$\Delta S$		

Fonte: Autoria Própria

9. Em relação às tabelas 6 e 7, o que se pode concluir a respeito das distâncias  $\Delta S$  percorridas pelos carrinhos 1 e 2?

---



---



---

10. O que se pode concluir a respeito das acelerações a que ficam submetidos os carrinhos 1 e 2 nos experimentos feitos nas questões 7 e 8? Têm valores iguais ou diferentes? Explique.

---



---



---

11. O que se pode concluir a respeito das forças que o elástico exerce sobre os carrinhos 1 e 2 nos experimentos feitos nas questões 7 e 8? Têm valores iguais ou diferentes? Explique.

---



---



---

12. Como se pode relacionar essa atividade prática à Segunda Lei de Newton? Explique.

---



---



---



---

## **Apêndice G: Atividade 6.2 – Atividades experimentais sobre estado inercial**

### **Experimento 5: Estado Inercial**

#### **Materiais:**

- Copo de vidro;
- 8 moedas;
- Folha sulfite;
- Régua;

#### **Atividades:**

1. Em uma superfície horizontal plana coloque uma folha sulfite e sobre ela uma moeda. Puxe a folha para frente lentamente, de forma que a moeda acompanhe a folha, aumente a velocidade progressivamente e pare bruscamente.

O que se pôde observar em relação ao movimento da moeda sobre a folha? Explique.

---

---

---

---

---

2. Em um copo coloque a folha sulfite e nesta apoie uma moeda de forma que fique localizada no centro do mesmo. A seguir, puxe a folha bruscamente. O que se pôde observar em relação ao movimento da moeda sobre a folha? Explique.

---

---

---

---

---

3. Em uma superfície plana apoie 8 moedas, uma sobre a outra de modo a empilhá-las. Com a parte mais fina de uma régua, bata na lateral da moeda inferior. Descreva o que ocorreu. Explique o porquê isso ocorre.

---

---

---

---

---

4. A que se pode relacionar os fatos observados nos exercícios 1, 2 e 3? Explique.

---

---

---

---

## **Apêndice H: Atividade 6.3 – Atividades experimentais sobre Leis de Newton**

### **Experimento 6: Terceira Lei de Newton: Ação e reação**

#### **Materiais:**

- 1 Balão;
- 1 Tubo de caneta vazia;
- Barbante;
- Carrinho de brinquedo pequeno;
- Cola quente;

#### **Montagem experimental:**

Aquecer o tubo de caneta ao meio e dobrá-lo, de modo que forme noventa graus. Prender um dos balões em uma das extremidades do tubo de caneta e amarrar com o barbante. Feito isso, colar o tubo de caneta sobre o carrinho, com a ponta aberta do tubo voltada para a parte de trás do carrinho.

#### **Atividades:**

1. Encher o balão e soltar o carrinho em uma superfície plana horizontal. Relate o que você observa.

---

---

---

2. Pode-se justificar o movimento do carrinho com base nas forças de ação e reação da Terceira Lei de Newton? Explique.

---

---

---

3. Se sua resposta para a pergunta 2 foi sim, qual é a força de ação e a de reação? E o que se pode dizer sobre o sentido e o módulo das mesmas?

---

---

---

## **Apêndice I: Atividade 7: AVALIAÇÃO – Mapa conceitual – Referenciais: Inerciais e Não Inerciais**

Elabore um mapa conceitual com o tema: referenciais: inerciais e não inerciais, relacionando os seus conhecimentos prévios e os adquiridos durante a aplicação da sequência didática: Referenciais: estabelecendo o cenário apropriado para o ensino da dinâmica no ensino médio.

### Apêndice J: Atividade 8 – Questionário de opinião

Após ter participado das aulas de aplicação do produto educacional: Referenciais: estabelecendo o cenário apropriado para aplicação das leis de Newton no ensino da dinâmica, gostaria que respondesse este questionário que tem como objetivo a coleta de dados e análise da aplicação dos mesmos.

Responda sinceramente as questões abaixo, pois assim estará contribuindo para a qualificação desse trabalho.

Não é preciso se identificar.

MUITO OBRIGADA.

1. Quais foram os **pontos positivos** apresentados na sequência didática: Referenciais: estabelecendo o cenário apropriado para aplicação das leis de Newton no ensino da dinâmica?

---

---

---

---

---

2. Quais foram os **pontos negativos** apresentados na sequência didática: Referenciais: estabelecendo o cenário apropriado para aplicação das leis de Newton no ensino da dinâmica?

---

---

---

---

---

3. De qual atividade você mais gostou? Por quê?

---

---

---

---

---

4. De qual atividade você menos gostou? Por quê?

---

---

---

---

---

5. Você considera que atividades experimentais realizadas na sequência didática facilitaram uma aprendizagem significativa do conteúdo abordado? Explique.

---

---

---

---

---

6. Você considera que foi possível compreender o conteúdo teórico e relacionar o mesmo a situações práticas do cotidiano? Exemplifique.

---

---

---

---

---

7. Sugestões:

---

---

---

---

---

