



**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CINEMÁTICA  
ATRAVÉS DE VÍDEO ANÁLISE BASEADA NA TEORIA DA APRENDIZAGEM  
SIGNIFICATIVA  
(PRODUTO EDUCACIONAL)**

Rafael Pinheiro Santos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Oliveira Huguenin

Volta Redonda / RJ  
Agosto 2016

## Sumário

|                                                                                |        |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CINEMÁTICA ATRAVÉS DE VÍDEO ANÁLISE</b> | 01     |
| CARTA AO ALUNO                                                                 | 03     |
| INTRODUÇÃO                                                                     | 03     |
| SEQUENCIA DIDÁTICA                                                             | 03     |
| 1ª PARTE                                                                       | 03     |
| QUESTIONÁRIO PRÉVIO                                                            | 03     |
| PREPARAÇÃO TEÓRICA PARA VÍDEO ANÁLISE                                          | 07     |
| CONCEITOS DE CINEMÁTICA                                                        | 07     |
| 2ª PARTE                                                                       | 10     |
| VÍDEO ANÁLISE                                                                  | 10     |
| RETIRADA DE DADOS                                                              | 10     |
| ANÁLISE DOS GRÁFICOS                                                           | 13     |
| 3ª PARTE                                                                       | 16     |
| SISTEMATIZAÇÃO                                                                 | 16     |
| MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME                                                   | 16     |
| MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO                                      | 18     |
| AVALIAÇÃO                                                                      | 19     |
| <br><b>MANUAL DO PROFESSOR PARA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b>            | <br>21 |
| CARTA AO PROFESSOR                                                             | 21     |
| INSTALANDO O TRACKER                                                           | 22     |
| APRESENTAÇÃO DO SISTEMA                                                        | 22     |
| PASSO A PASSO PARA INSTALAÇÃO DO TRACKER                                       | 22     |
| COMO USAR O PROGRAMA? PRODUZINDO A VÍDEO ANÁLISE                               | 24     |
| REPRODUÇÃO DOS VÍDEOS                                                          | 24     |
| RETIRANDO E ANALIZANDO DADOS                                                   | 26     |
| INICIANDO O PRGRAMA                                                            | 26     |
| RETIRANDO OS DADOS                                                             | 27     |
| ANÁLISE DOS DADOS                                                              | 28     |
| APLICANDO AS AULAS                                                             | 30     |
| QUESTIONÁRIO PRÉVIO E PREPARAÇÃO BÁSICA                                        | 30     |
| RESPOSTAS ESPERADAS                                                            | 30     |
| 1ª PARTE                                                                       | 31     |
| QUESTIONÁRIO PRÉVIO                                                            | 31     |
| PREPARAÇÃO BÁSICA PARA VÍDEO ANÁLISE                                           | 34     |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| CONCEITOS DA CINEMÁTICA | 34 |
| 2ª PARTE                | 37 |
| VÍDEO ANÁLISE           | 37 |
| RETIRADA DE DADOS       | 37 |
| ANÁLISE DOS GRÁFICOS    | 39 |
| 3ª PARTE                | 43 |
| SISTEMATIZAÇÃO          | 43 |
| AVALIAÇÃO               | 43 |

# SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CINEMÁTICA ATRAVÉS DE VÍDEO ANÁLISE

## CARTA AO ALUNO

Caro aluno esse roteiro apresenta uma sequência de aulas que pretendemos desenvolver para que vocês possam aprender os conceitos de Cinemática que geralmente aparecem nos livros didáticos e nos exames de ingresso para as universidades. Atuaremos numa sequência de aulas com vídeo análise de alguns movimentos a fim de que você possa ter contato com conteúdo na prática, observando os fenômenos que envolvem os movimentos mais trabalhados na Física do ensino médio.

A aula começará com um levantamento do que vocês trazem de conhecimento sobre movimento, em seguida faremos uma introdução de alguns conceitos básicos sobre o estudo da Cinemática, como por exemplo:

- Conceito de referencial, movimento e repouso;
- Trajetória e posição;
- Velocidade média;
- Aceleração média;

Estudaremos a Cinemática Escalar, dentro dos movimentos tradicionalmente trabalhados no ensino médio:

- Movimento retilíneo uniforme;
- Movimento retilíneo uniformemente variado;
- Composição de movimento.

Além disso, a aula será baseada em algumas observações experimentais onde abre a condição de discutirmos o método científico.

Espero que essas aulas seja uma referência no seu estudo e sirva para que vocês possam refletir sobre o que é ciência e como ela trabalha. Assim minha pretensão é que vocês aprendam melhor os conceitos e saibam tomar melhores decisões quando estiverem frente a um fenômeno desconhecido.

A aula foi pensada de tal modo que favoreça a troca e a discussão sobre os conceitos estudados com o professor e os seus colegas de classe.

Aproveitem!

## **INTRODUÇÃO**

A proposta deste trabalho é ensinar as equações da cinemática escalar através de vídeo análise utilizando o software livre Tracker substituindo as habituais fotografias estroboscópicas que são apresentadas nos livros didáticos. O trabalho consiste em construir, a partir da observação dos fenômenos, as leis do movimento. A partir deste modelo, obtêm-se as equações da cinemática habitualmente apresentada nos livros didáticos de ensino médio.

## **SEQUENCIA DIDÁTICA**

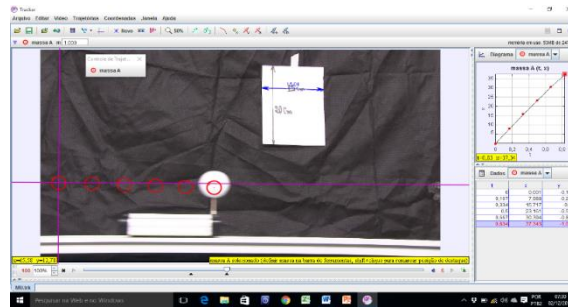
### **1ª PARTE**

Em nosso trabalho iremos utilizar o Software Tracker para produzirmos vídeo análise de movimentos tradicionalmente estudados no ensino médio. Em muitos livros didáticos esses movimentos são apresentados através de fotografias estroboscópicas, situação parecida com a vídeo análise que faremos de forma dinâmica com os gifs produzidos pelo Tracker.

## **QUESTIONÁRIO PRÉVIO**

Iremos aplicar agora um questionário para levantar o que vocês sabem sobre movimento e as relações entre deslocamento, velocidade e aceleração, para isso usaremos fotografias que registram a posição (“estroboscópicas”) ou vídeos de alguns movimentos.

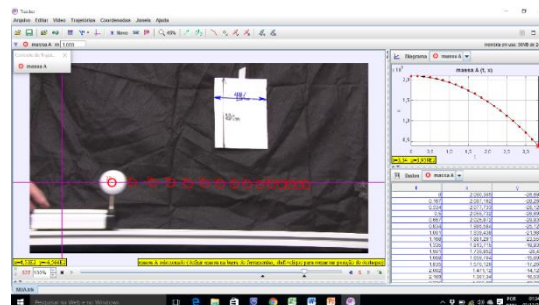
a) Observando o vídeo e a fotografia abaixo que representa um movimento, represente, no retângulo abaixo, através de uma seta, caso exista, o sentido e a direção da aceleração do corpo em movimento.



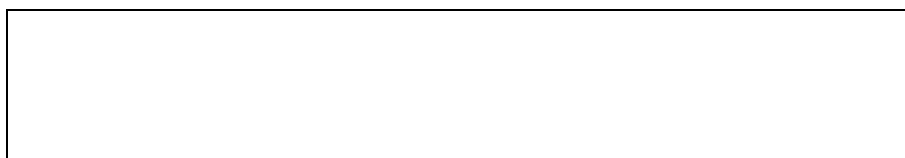
Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif movimento uniforme”.



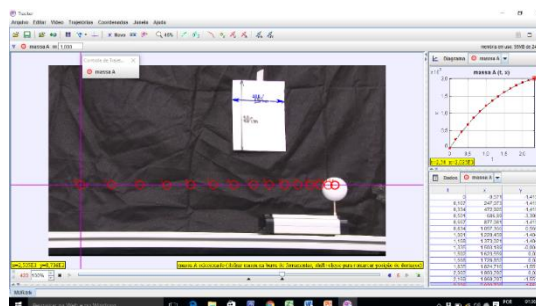
b) Observando o vídeo e a fotografia abaixo que representa um movimento, represente, no retângulo abaixo, através de uma seta, caso exista, o sentido e a direção da aceleração do corpo em movimento.



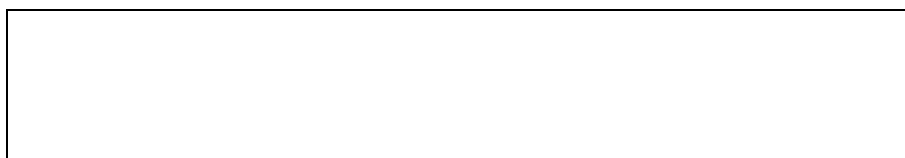
Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif movimento acelerado”.



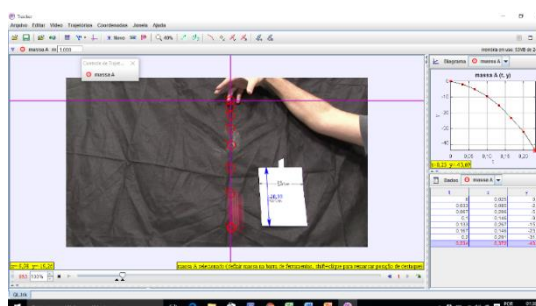
c) Observando o vídeo e a fotografia abaixo que representa um movimento, represente, no retângulo abaixo, através de uma seta, caso exista, o sentido e a direção da aceleração do corpo em movimento.



Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif movimento retardado”.



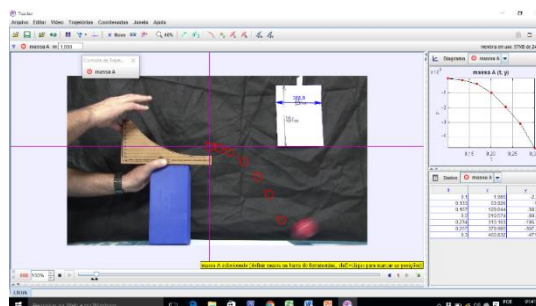
d) Observando o vídeo e a fotografia abaixo que representa um movimento, represente, no retângulo abaixo, através de uma seta, caso exista, o sentido e a direção da aceleração do corpo em movimento.



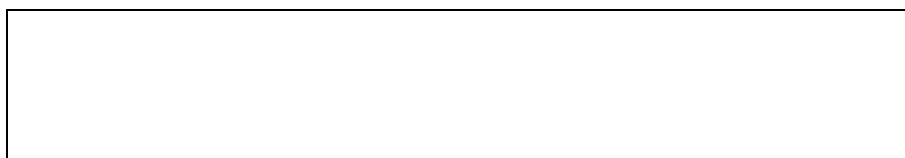
Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif queda livre”.



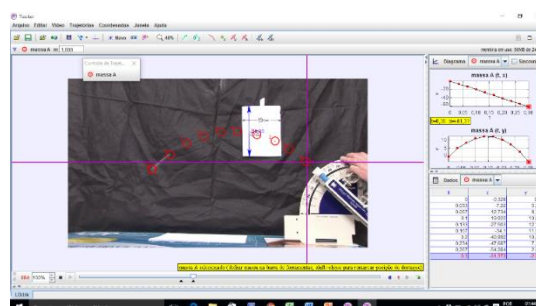
e) Observando o vídeo e a fotografia abaixo que representa um movimento, represente, no retângulo abaixo, através de uma seta, caso exista, o sentido e a direção da aceleração do corpo em movimento.



Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif lançamento horizontal”.



f) Observando o vídeo e a fotografia abaixo que representa um movimento, represente, no retângulo abaixo, através de uma seta, caso exista, o sentido e a direção da aceleração do corpo em movimento.



Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif lançamento oblíquo”.

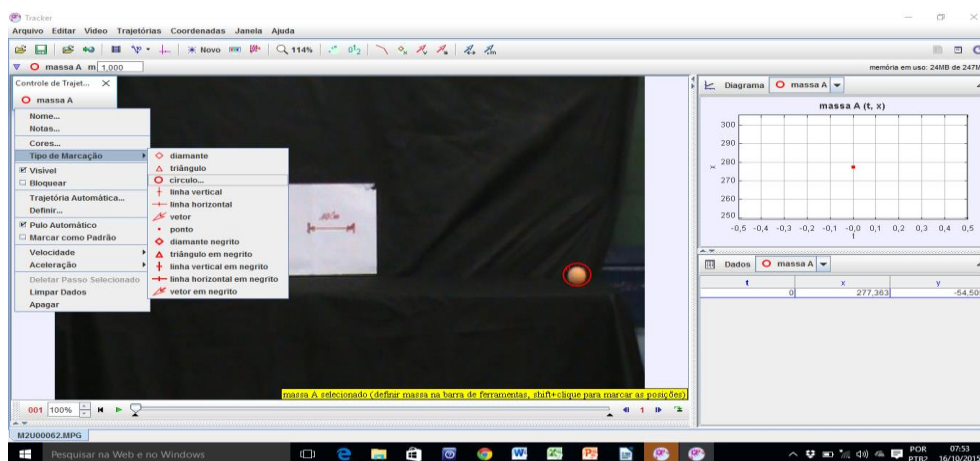


## PREPARAÇÃO TEÓRICA PARA VÍDEO ANÁLISE

### CONCEITOS DA CINEMÁTICA

Antes de estudarmos a cinemática precisamos conceituar alguns pontos cruciais no entendimento e na análise dos movimentos. A cinemática estuda a consequência do movimento e para esse estudo será necessário tocarmos em alguns pontos essenciais, como por exemplo, partícula ou ponto material, corpo extenso, referencial, repouso e movimento, trajetória, variação da posição, intervalo de tempo e velocidade média.

O tracker nos fornece condição de marcar a posição do corpo e para isso devemos selecionar no software o ponto de massa e ajustarmos o tipo de marcação, nesse momento podemos ajustar o tamanho da marcação, como mostra a foto abaixo:



a) Como descrito acima o ajuste da marcação do corpo pode ser feito através do programa, o que podemos dizer sobre o tamanho da partícula? Esse tamanho pode influenciar na análise do movimento? A marcação apresenta movimento de rotação e translação?

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

b) No vídeo acima, apresentado pelo professor, o corpo está em movimento? Se sua resposta foi sim, o que você percebeu que garante sua resposta positiva?

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

c) Imagine agora se a câmara fosse instalada junto do corpo, como você responderia a pergunta acima?

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

d) Marcaremos a posição do corpo sucessivamente no decorrer do movimento, o que diferencia essa marcação na situação de movimento e repouso? Qual a definição de posição? E de movimento? E de repouso?

Sua resposta:

Conclusão:

e) Para você o que representa a diferença entre as sucessivas posições assumidas pelo corpo durante o movimento?

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

f) Se a diferença entre essas posições forem cada vez maior no mesmo intervalo de tempo, poderíamos dizer que o corpo está mais rápido?

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

g) O conceito de rapidez remete a alguma palavra do dia a dia que você usa? Qual a conta que poderíamos fazer para representar esse conceito?

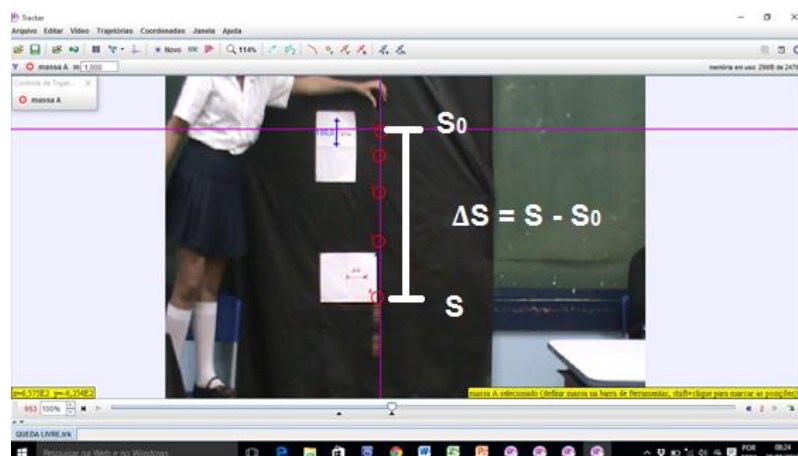
**Sua resposta:**

**Conclusão:**

h) Na figura abaixo o que significa  $S_0$ ,  $S$  e  $\Delta S$ ? com os dados retirados da imagem abaixo, Como calcular a velocidade média do corpo durante o movimento?

**Sua resposta:**

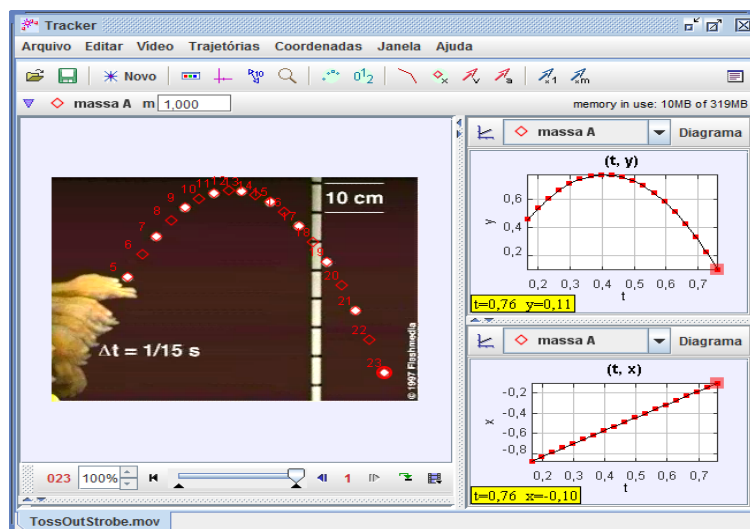
**Conclusão:**



## 2ª PARTE

### VÍDEO ANÁLISE

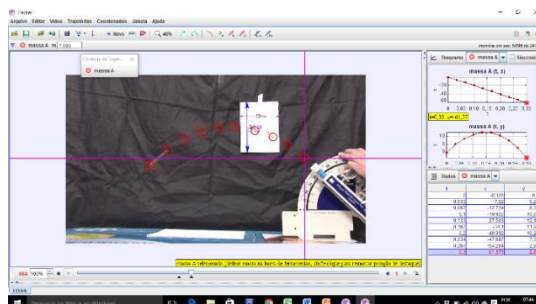
Vamos trabalhar com o lançamento oblíquo e através dos vídeos que estão relacionados com o movimento da questão f do questionário prévio. Realizaremos a vídeo análise e a retirada de dados com o auxílio de um software didático chamado Tracker, que captura o Vídeo e consegue separar em frames, criando medidas da posição da partícula. Esse programa é capaz de montar a tabela e gráficos dos dados obtidos através da análise feita. Como mostra a fotografia abaixo.



### RETIRADA DE DADOS

Na Vídeo análise nem sempre as medidas saem da maneira que gostaríamos e a tomada de dados se torna uma das etapas de fundamental importância. Nessa aula escolhemos o movimento de lançamento oblíquo para estudarmos os conceitos da cinemática como apresentado na primeira aula: velocidade média, aceleração média, referencial e trajetória. Para isso pegaremos os dados do Vídeo apresentado abaixo, a tabela e analisaremos os

gráficos do movimento. Vamos retirar os dados do movimento com o vídeo abaixo, essas medidas são feitas utilizando um vídeo que eu o apresento abaixo:



Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif lançamento oblíquo”.

O software nos fornece a filmagem dividida quadro a quadro para analisarmos a posição da partícula. Para selecionarmos a medida que será tabulada automaticamente teremos que segurar a tecla shift e clicarmos com o mouse o ponto do objeto que selecionamos como partícula. Repetindo o procedimento até o final do vídeo teremos automaticamente construído a tabela de dados e o gráfico do movimento. Vale ressaltar que para que esses dados sejam compatíveis com a realidade da filmagem devemos selecionar um botão no programa que adiciona uma referência de escala para medida e ainda adicionar também os eixos de coordenadas. Essas etapas ficam a cargo do professor que já possui maior familiaridade com o software. No CD em anexo desta dissertação segue as análises.

Observem a tabela fornecida pela análise e em seguida calcule a velocidade média em cada trecho. Uma etapa muito importante nessa análise é a interpretação desses dados e as unidades de medida envolvida, pois podemos fazer alguns arredondamentos que serão importantes para análise e compreensão do movimento.

Tendo em vista a unidade de medida e a régua que o professor adicionou na análise do vídeo com a escala previamente definida faça as conversões das unidades adequadas e os arredondamentos no algarismo

significativo para o preenchimento da tabela abaixo, respeitando as unidades propostas pelo professor.

a) Para este movimento analisado, a velocidade média do corpo em cada intervalo de tempo, aumenta, diminui ou permanece constante? Faça essa análise no eixo X (eixo horizontal).

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

b) Qual o sinal da velocidade? O que representa esse sinal? O sinal permanece sempre o mesmo ou muda ao longo do movimento, no eixo X? Justifique.

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

c) Para este movimento analisado, a velocidade média do corpo em cada intervalo de tempo, aumenta, diminui ou permanece constante? Faça essa análise no eixo Y (eixo vertical).

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

d) Qual o sinal da velocidade? O que representa esse sinal? O sinal permanece sempre o mesmo ou muda ao longo do movimento, no eixo Y? Justifique.

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

e) Dividimos a análise do movimento em dois eixos X e Y, o que poderíamos dizer sobre esses dois movimentos?

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

f) Nos dados e resultados analisados, existem erros de medida? Discuta em grupo e relate em poucas palavras o que você pensa sobre o erro experimental, caso necessite da ajuda do professor, ele pode ser incluído na discussão.

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

## **ANÁLISE DOS GRÁFICOS**

Faremos a análise dos gráficos gerados pelo programa e assim construir as equações que regem o movimento, tente responder as perguntas abaixo e em seguida troque suas respostas com seus pares e com seu professor para chegar a uma conclusão.

a) A trajetória do movimento do corpo é retilínea ou curvilínea? Justifique sua resposta.

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

b) A função que descreve o movimento em cada eixo é do primeiro ou do segundo grau?

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

c) Retirem da análise feita pelo programa os valores de aceleração, velocidade inicial e posição inicial do movimento.

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

d) Analisando o movimento em cada eixo separadamente, qual tipo de movimento que se trata? Acelerado, retardado, uniforme ou repouso?

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

e) Qual o valor da aceleração que o programa nos fornece desse movimento no eixo X e no eixo Y? Alguma destas acelerações possuem um valor próximo da aceleração da gravidade apresentadas nos livros didáticos ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )? Porque isso ocorre?

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

Vamos agora inverter os eixos de coordenadas do gráfico, rotacionando o eixo do gráfico escolhido em  $180^\circ$  e coletando os dados novamente, como na figura abaixo:

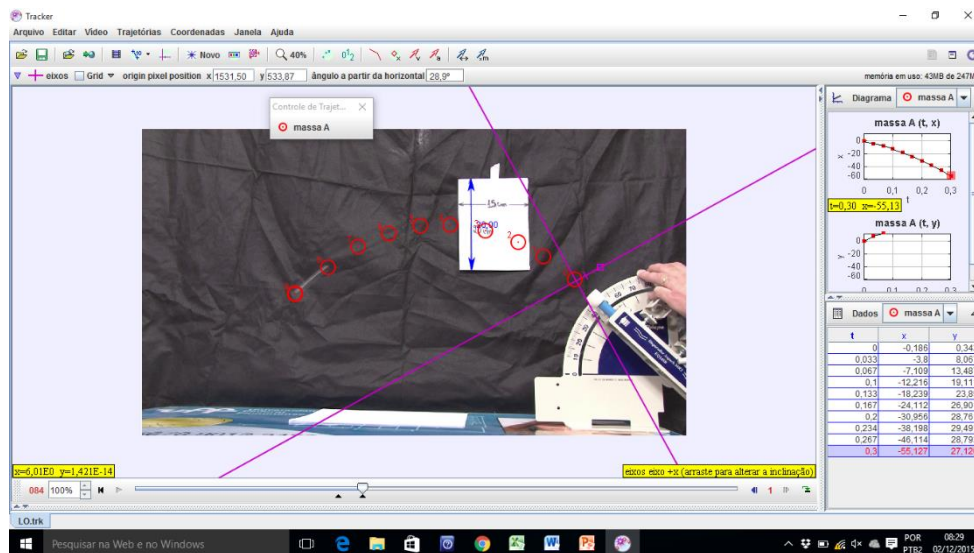


Figura mostrando o giro do gráfico

Novos gráficos após o giro dos eixos foram gerados, tente responder as perguntas abaixo e em seguida troque suas respostas com seus pares e com seu professor para chegar a uma conclusão.

a) A trajetória do movimento do corpo é retilínea ou curvilínea? Justifique sua resposta.

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

b) A função que descreve o movimento em cada eixo é do primeiro ou do segundo grau?

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

c) Retirem da análise feita pelo programa os valores de aceleração, velocidade inicial e posição inicial do movimento. Os valores são iguais? Explique os valores após a comparação.

**Sua resposta:**

**Conclusão:**

### **3ª PARTE**

## **SISTEMATIZAÇÃO**

### **MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME**

Trabalhando a equação do movimento a partir da equação da velocidade média. Que por definição temos:

$$V_m = \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

Onde  $V_m$  é velocidade média,  $\Delta X$  é a variação da posição e  $\Delta t$  é a variação do tempo.

Fazendo a velocidade como uma velocidade constante  $V$  e  $\Delta x = x - x_0$  e  $\Delta t = t - t_0$ , teremos:

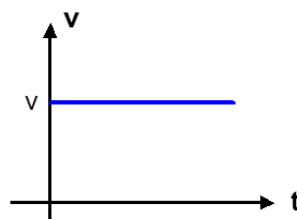
$$V = \frac{X - X_0}{t - t_0}$$

Considerando  $t_0 = 0$ , multiplicando  $t$  por  $V$  e trocando de lado na igualdade  $x_0$  teremos:

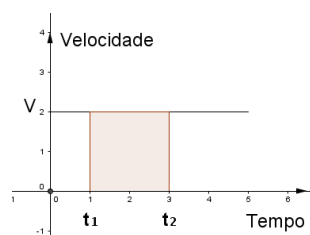
$$X = X_0 + V \cdot t$$

Essa equação é chamada de equação horária da posição do movimento retilíneo uniforme. Perceba que essa função mostra uma relação de primeiro grau entre posição e tempo como visto na vídeo análise acima.

Como a velocidade é constante encontraremos uma função constante na relação entre velocidade e tempo, como mostra o gráfico a seguir:



Durante a aula retiramos da vídeo análise a posição do movimento para chegarmos no cálculo da velocidade, fazendo agora o processo inverso, conhecendo a velocidade do movimento podemos calcular o deslocamento da partícula. Para isso calculamos a área do gráfico  $V \times t$  e assim chegaríamos no valor de  $\Delta x$ .



$$\Delta X_{t_1 \rightarrow t_2} = X(t_2) - X(t_1) = V_{t_1 \rightarrow t_2} \cdot \Delta t$$

## MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO

Esse movimento apresenta variação da velocidade e por consequência aceleração, fazendo a mesma álgebra do movimento anterior teremos:

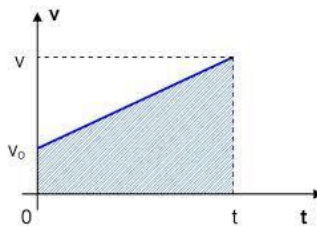
Por definição a aceleração média é dada por:

$$am = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Logo fazendo aceleração média como aceleração constante, teremos:

$$V = V_0 + a \cdot t$$

Essa função é chamada de função horária da velocidade e o gráfico dessa função do primeiro está apresentado abaixo:



Usando o mesmo processo inverso do movimento anterior poderíamos chegar à equação horária da posição desse movimento, resolvendo a área do gráfico teremos:

$$\text{Área do trapézio: } A = \frac{(B+b) \cdot h}{2}$$

Logo: área =  $\Delta X$ ;  $\Delta X = \frac{(V+V_0) \cdot t}{2}$ , substituindo V pela função horária da velocidade teremos:

$$X = X_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Onde essa função é a que representa a posição da partícula que se desloca com aceleração constante e ela é uma função do segundo grau como encontramos nos gráficos da vídeo análise durante as aulas anteriores.

## **AVALIAÇÃO**

A turma deverá se reunir em grupo de quatro alunos, preparar um vídeo de um objeto se movimentando (a filmagem pode ser confeccionada com o próprio celular), realizar a análise feita durante a aula, tomando o cuidado com a filmagem e a escala escolhida e através da filmagem produzida analisar os dados obtidos através do software Tracker e responder as perguntas abaixo.

- 1- Na filmagem produzida, qual foi seu referencial? O que foi usado como escala para medição?
- 2- O que garante no seu vídeo que o corpo está em movimento?
- 3- O corpo analisado apresenta movimento de rotação, translação ou os dois? Qual será analisado?
- 4- Qual a trajetória assumida pelo o corpo durante o movimento, na sua filmagem?
- 5- O movimento acontece em uma ou duas dimensões?

6- O que ocorre com as distâncias entre duas posições sucessivas na análise do movimento no decorrer do tempo, aumenta, diminui, ou permanece constante?

7- Descreva o que acontece com a velocidade durante o movimento do corpo?

8- O que acontece com a aceleração? Ela existe? Caso exista, ela permanece constante ou varia no decorrer do tempo?

9- Como você classifica seu movimento?

|             |               |                |                             |
|-------------|---------------|----------------|-----------------------------|
| Trajetória: | Retilínea ( ) | Curvilínea ( ) | Circular ( )                |
|             |               |                | Parabólica ( )              |
|             |               |                | Indefinida ( )              |
|             |               |                | Não conheço ( )             |
| Tipo:       | Uniforme ( )  | Variado ( )    | Uniformemente acelerado ( ) |
|             |               |                | Uniformemente retardado ( ) |
|             |               |                | Indefinido ( )              |

10- Escreva as funções horárias do movimento filmado.

11- Apresente abaixo as figuras do(s) gráfico(s), espaço versus tempo, do seu movimento, que justificam suas respostas.

# **Manual do professor para aplicação da sequência didática**

## **CARTA AO PROFESSOR**

Caro colega de trabalho, este produto educacional foi desenvolvido no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no Polo 15 – Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal Fluminense, com o objetivo de auxiliar no ensino dos conceitos básicos de cinemática através da utilização do software Tracker. Este manual apresenta a sequência de instalação do programa, das confecções dos vídeos, da Vídeo análise, instruções para aplicação do produto, assim como as interferências didáticas, para melhor andamento das aulas, realizadas e sugerida pelo professor que aplicou a sequência didática. Para melhor orientação do professor que irá usar este produto anexamos um CD que contém os vídeos usados na vídeo análise, a vídeo análise de cada filmagem e um mini tutorial.

Apresentaremos uma sequência de passos que o professor deve tomar desde a obtenção e instalação do software gratuito Tracker, passando pelas confecções dos vídeos até as análises realizadas durante as aulas. Esse manual também apresenta a abordagem pedagógica pensada fundamentando as ações criadas na sequência didática, relatando as possibilidades e respostas das questões que conduzem o processo de ensino-aprendizagem.

Espero que esse planejamento não seja fechado, mas abra uma possibilidade do professor aplicador encontrar uma alternativa de usar este produto na sua escola.

Bom trabalho e boa aula!

## INSTALANDO O TRACKER

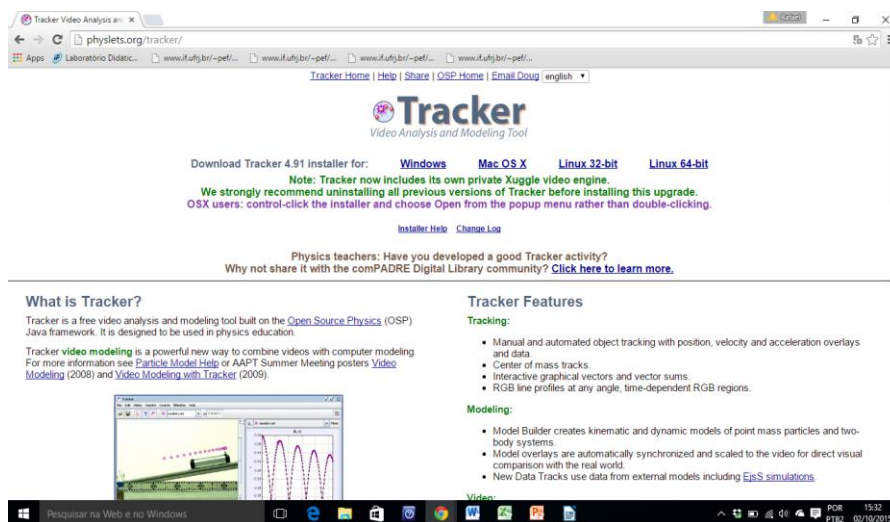
### APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA

O Tracker é um software gratuito criado em parceria com o Open Source Physics, por Douglas Brown, professor da faculdade de Cabrillo College situada na cidade de Santa Cruz, Califórnia, EUA. O programa apresenta uma ferramenta fantástica para o estudo da mecânica através de vídeo análise, usa a linguagem Java e pode ser instalado em qualquer sistema operacional.

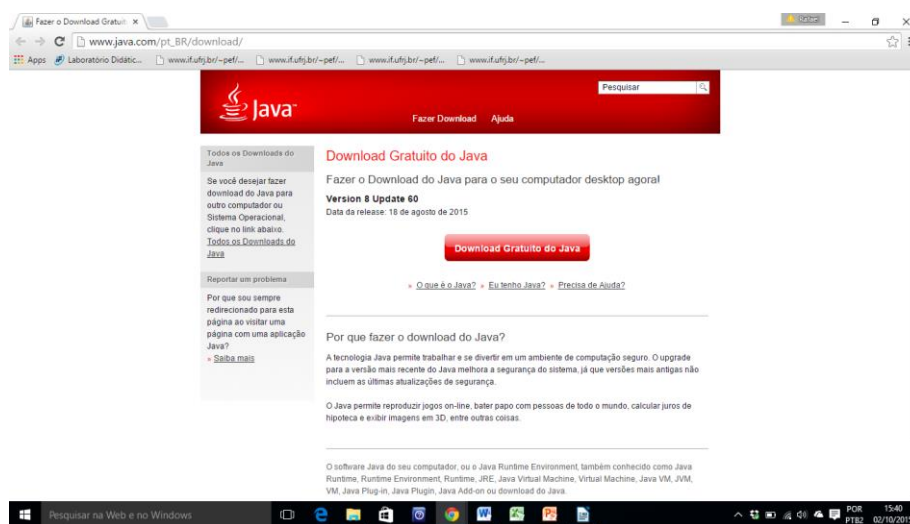
A experiência realizada através do Tracker proporciona um erro experimental menor do que as tradicionais experiências realizadas no estudo do movimento, pois o número de medidas que conseguimos fazer será muito maior do que os sensores de kits experimentais, colocando esse recurso como um instrumento valioso no estudo da cinemática. Existe a possibilidade de instalação da versão em português, que foi desenvolvida por uma equipe de professores da UTFPR.

### PASSO A PASSO PARA INSTALAÇÃO DO TRACKER:

Apresentamos o link do site de onde podemos baixar o programa, <http://physlets.org/tracker/> e abaixo a figura representa a tela inicial que iremos encontrar.

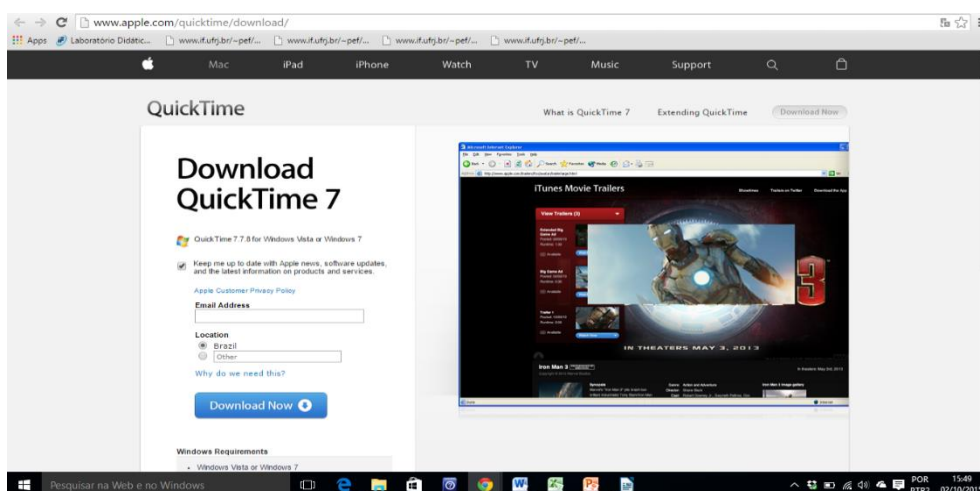


Podemos escolher a versão em português e o sistema operacional usado no computador da instalação. É importante ressaltar que o usuário tenha instalado no computador o Java. Caso não tenha segue o link: [http://www.java.com/pt\\_BR/download/](http://www.java.com/pt_BR/download/), clique no botão download gratuito do Java.



Após o Download execute o arquivo de instalação. Será necessário a instalação do arquivo Quick Time, para abrir os vídeos no tracker, caso não tenha instalado no computador será necessário o download e a instalação. Segue o link para o Quick Time: <http://www.apple.com/quicktime/download/>.

Clique em Download Now e depois execute o arquivo de instalação. Como mostra a figura a seguir.



## COMO USAR O PROGRAMA? PRODUZINDO A VÍDEO ANÁLISE

Neste capítulo explicaremos a confecção dos vídeos e os passos na análise de dados da experiência que realizamos e apresentamos no produto educacional.

### PRODUÇÃO DOS VÍDEOS

Os vídeos confeccionados para esse produto educacional foram realizados no estúdio da TV universitária TVR - da UFF e disponibilizaremos no site youtube e ainda colocados em anexo no CD que acompanha esta dissertação, para que o professor que desejar possa utilizar em futuras aulas, trata-se de vídeos que trabalham com movimentos tradicionalmente abordados no ensino médio. Abaixo seguem os links dos vídeos:

<https://youtu.be/mxK5jFjNTJQ>

<https://youtu.be/XtnV1sDa39g>

<https://youtu.be/oO8DITLDQ7Q>

<https://youtu.be/Q8LXso26ZDY>

<https://youtu.be/rd8W0npBBfQ>

<https://youtu.be/G5OOIWCKQiw>

<https://youtu.be/BUIFVdx3wXE>

<https://youtu.be/KubxiBzoPUc>

<https://youtu.be/C7s5Nzaivxw>

<https://youtu.be/NJ48AE8BiGg>

<https://youtu.be/erxbRnULJBc>

<https://youtu.be/ZXgw6USn5N8>

<https://youtu.be/T6HGqj2nyRI>

<https://youtu.be/q6n8RY1iLrc>

<https://youtu.be/qBQ5LR8EInU>

<https://youtu.be/aKVmoZp0rI8>

[https://youtu.be/Jgc2lx\\_ZSYY](https://youtu.be/Jgc2lx_ZSYY)

[https://youtu.be/y7D5mX\\_E1po](https://youtu.be/y7D5mX_E1po)

<https://youtu.be/W4gx8lT1rBA>

<https://youtu.be/EmeLLacscOQ>

<https://youtu.be/nLuIXlmfpHg>

<https://youtu.be/lmC2wKq4M-w>

<https://youtu.be/gE6DOe9yZ78>

<https://youtu.be/8TtG-kdXAcw>

O intuito de realizarmos as filmagens num estúdio foi para minimizarmos o erro das medidas que seriam realizadas através da vídeo análise, pois quando filmados com câmeras de baixa resolução, movimentos mais rápidos podem gerar imagens borradas. Por exemplo, se o professor aplicador realizar a filmagem na própria aula usando um celular com taxa de aquisição de imagem de 30 frames por segundos (fps) em movimentos de queda a imagem marcará a trajetória borrada. Câmeras profissionais podem alcançar 50 fps e uma iluminação adequada pode aumentar a nitidez e minimizar as imagens borradas.

O programa registra quadro a quadro a posição da partícula em estudo e por isso é importante considerar as condições da filmagem, a câmera deve estar fixa, sem tremulações, de preferência no mesmo plano focal do movimento e com boa iluminação, evitando distorções e mudanças de referencial no momento da filmagem.

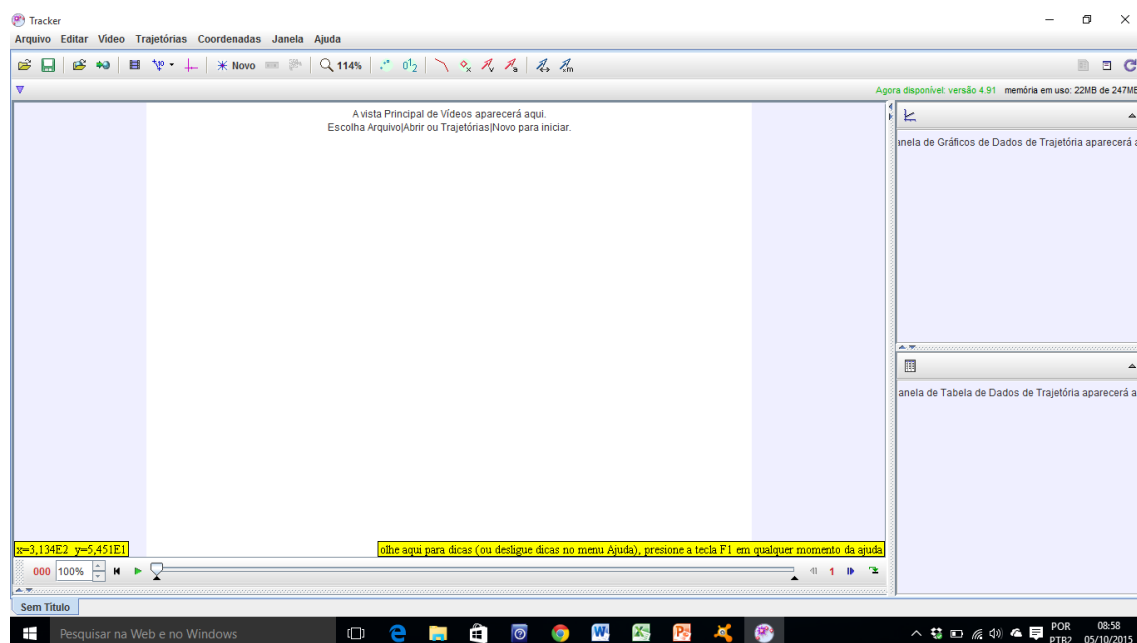
É importante no momento da filmagem colocar uma escala de referência que serve como escala para tomada de dados, podendo ser uma régua ou tamanho do próprio objeto a ser estudado no movimento. O movimento que

gostaríamos de estudar como exposto no roteiro de aula é o movimento de translação considerando o objeto como uma partícula, por isso, seria interessante escolhermos objetos simétricos que apresente pouca rotação para que a tomada de dados seja facilitada, caso contrário ao marcarmos um ponto num referencial escolhido no objeto poderíamos num próximo quadro não termos condições de marcamos a posição no mesmo local do objeto devido sua rotação. Uma boa estratégia é usar objetos esféricos, pois são simétricos e o centro da esfera seria um bom referencial independente da rotação.

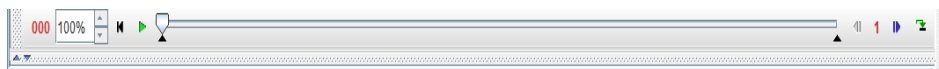
## RETIRANDO E ANALISANDO OS DADOS

### INICIANDO O PROGRAMA

A tela inicial encontrada ao abrir o programa está apresentada na figura abaixo, clique no botão arquivo e em seguida no botão abrir e selecione o vídeo feito e salvo no computador com extensão .mov ou .trk, importante ressaltar que outras extensões poderão ser usadas desde que consigam ser abertos pelo Quick Time.



Após essa etapa devemos selecionar a parte do vídeo que analisaremos, ou seja, fazer um corte no vídeo, para isso existem duas setas na parte inferior do vídeo que fazem esses cortes marcando o início e o fim da análise, como mostra a figura.

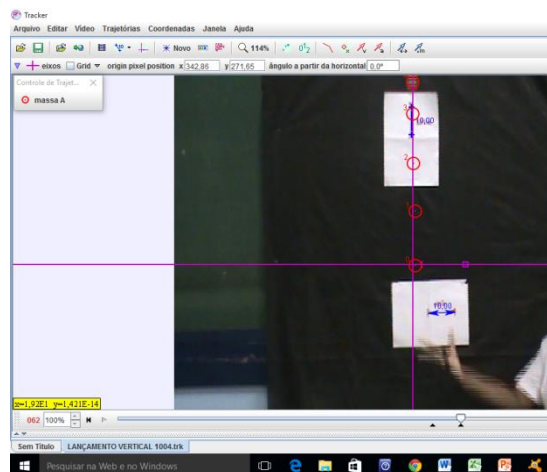


## RETIRANDO OS DADOS

Para retirarmos os dados devemos calibrar e o vídeo adicionando uma fita de escala no vídeo, para isso devemos clicar no botão fita métrica para mostrar a fita métrica e arraste a fita que aparecerá na tela até o objeto de tamanho conhecido que você colocou no vídeo. Ajuste o valor conhecido clicando sobre o valor e adicionando através do teclado.



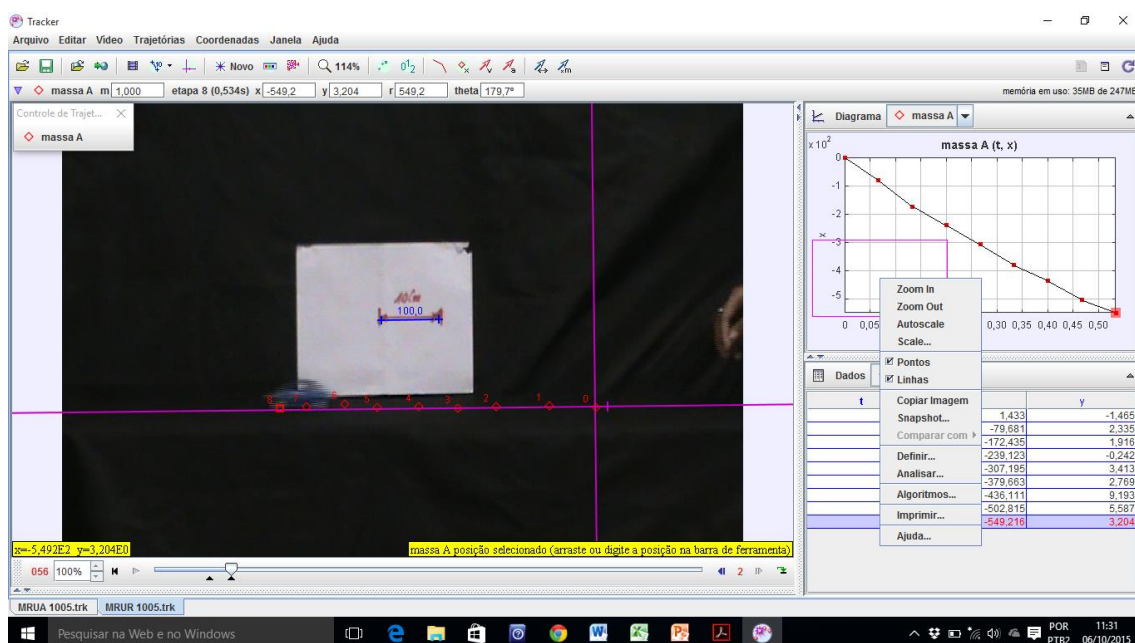
Outro passo importante é a definição dos eixos de coordenadas, para adicionar o eixo clique no botão, vale ressaltar que uma escolha interessante é colocar a origem dos eixos em cima do objeto no início da análise. Veja o exemplo abaixo



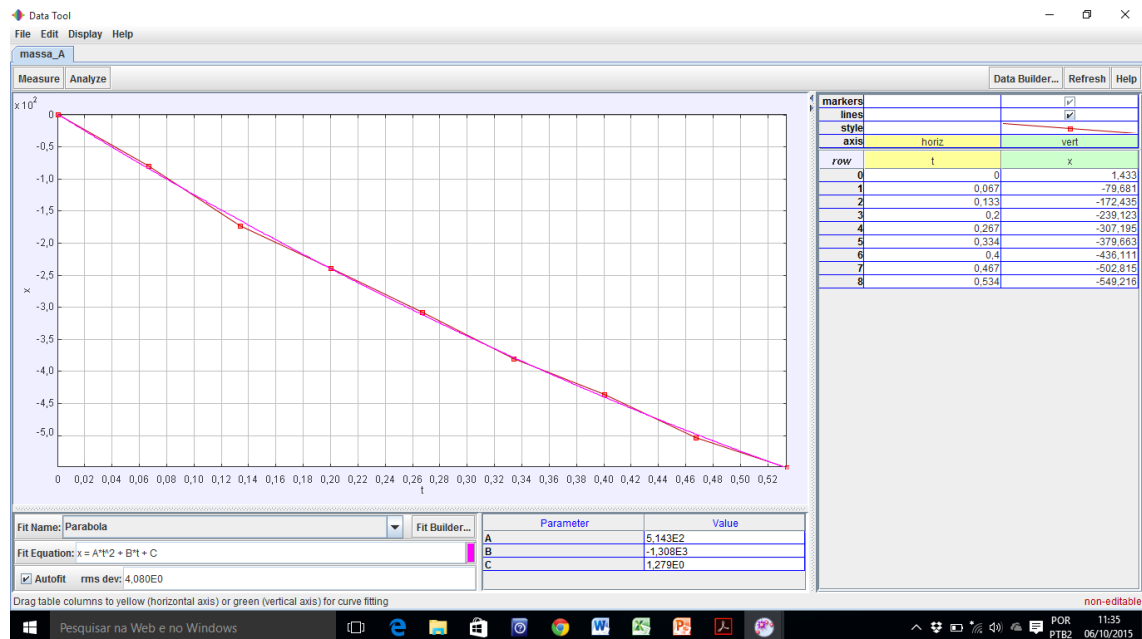
## ANÁLISE DOS DADOS

O primeiro passo, para retirarmos os dados do vídeo é definir o ponto de massa, clique no botão e selecione ponto de massa. Segurando a tecla shift e clicando com o botão esquerdo do mouse selecionamos a posição do corpo, lembrando que devemos escolher um ponto de referência adequado do corpo, automaticamente o programa pula para o próximo quadro, repete-se esse procedimento sucessivamente até o último quadro. O botão direito do mouse poderá ser acionado para ampliar a imagem e aumentar a precisão. Com esse procedimento cria-se automaticamente uma tabela de dados e uma marcação num plano cartesiano dos eixos definidos e com as medidas definidas através da barra de calibração.

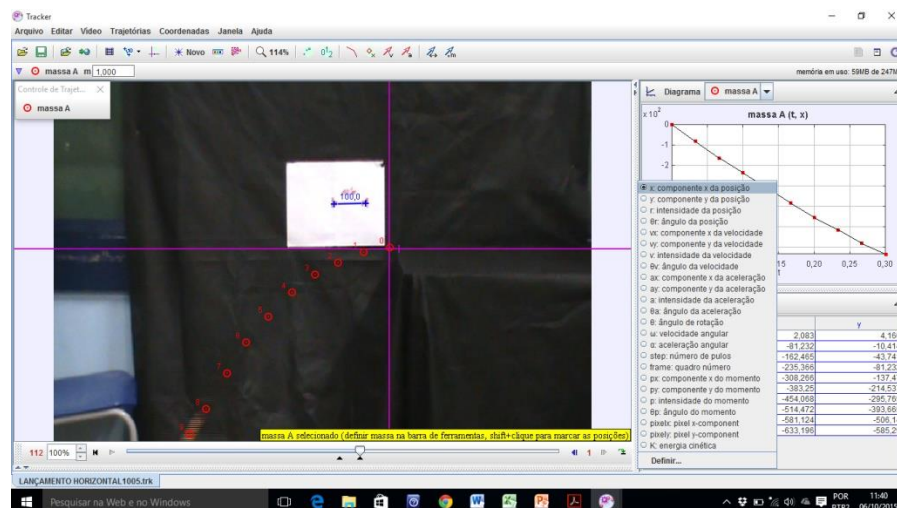
O próximo passo é a obtenção dos gráficos que o programa também tem condições de traçar e analisar. Temos a condição de ajustar uma função adequada de nossa escolha e tirarmos os parâmetros (coeficientes) dessa função. Clicando com botão direito sobre o gráfico abre uma janela como a figura abaixo, clique em analisar para definir a melhor função que ajusta os pontos.



No botão analyse na parte superior à direita do gráfico abre a opção de curve fit para a escolha da melhor curva que se ajusta aos pontos. Teremos a tela como apresentada abaixo em que os parâmetros são expostos.



Teremos a opção de escolher o eixo ou a grandeza que pretendemos trabalhar nos gráficos clicando em cima da letra x, esse procedimento abre a opção de escolha de gráficos diversos através dos dados coletados anteriormente, veja a opção abaixo.



## **APLICANDO AS AULAS**

### **QUESTIONÁRIO PRÉVIO E PREPARAÇÃO TEÓRICA**

Essa aula foi aplicada em turmas de primeira e segunda séries onde geralmente encontramos alunos que já tiveram o primeiro contato com a Física no 9º ano do ensino fundamental e através dos conceitos do censo comum, por exemplo, aceleração, velocidade, trajetória e deslocamento, são conceitos que fazem parte do cotidiano do aluno e trazê-los à tona em uma aula de Física requer um conhecimento por parte do professor sobre o que os alunos trazem em mente sobre tais conceitos. Com o intuito de fazermos um levantamento sobre os conceitos que envolvem a cinemática aplicou-se um questionário usando o software gratuito Tracker nas confecções de gifs animados e de fotografias estroboscópicas. Esse questionário também serviu para mobilizar os alunos na mudança de postura, ativando a curiosidade pela experimentação e servindo de parâmetro para a avaliação que seria aplicada após a aula.

Em seguida foi realizada uma preparação teórica de alguns conceitos que seriam abordados e usados para confecção da segunda aula, esses conceitos são tradicionalmente trabalhados numa introdução ao estudo do movimento e garante de certa forma, um equilíbrio dos conteúdos que os alunos trazem do 9º ano, numa turma possivelmente heterogênea.

### **RESPOSTAS ESPERADAS**

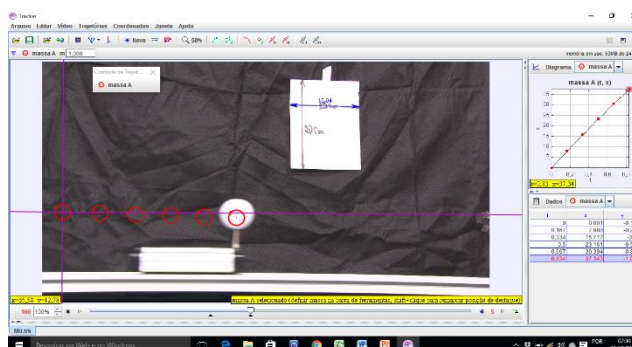
Seguem abaixo os comentários de cada questão que servem de orientação e condução da aula, assim como os comentários sobre algumas alterações realizadas durante a aula pelo professor que aplicou o produto educacional.

## 1ª PARTE

### QUESTIONÁRIO PRÉVIO

Nas questões do questionário prévio, os alunos que não tiveram contato com o conceito de vetor pode apresentar dúvidas nas marcações das setas, alguns alunos de primeira série, no momento da aplicação, gostariam de representar a seta com uma linha curvilínea e nesse momento o professor fez um comentário, percebendo este fato, e alertou a turma na necessidade de representar o vetor com um segmento de reta. As questões em que os alunos apresentou estas dúvidas foram as de letra e) e f).

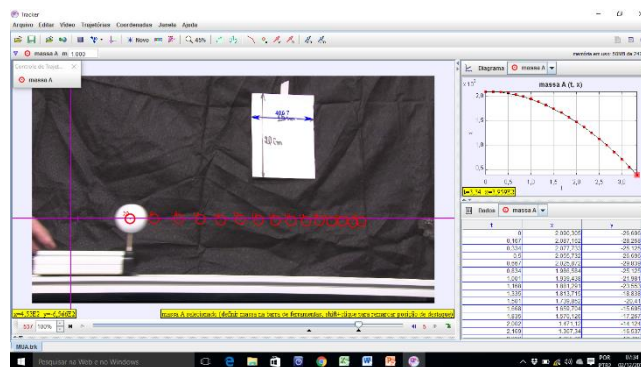
a) Observando o vídeo e a fotografia abaixo que representa um movimento, represente, no retângulo abaixo, através de uma seta, caso exista, o sentido e a direção da aceleração do corpo em movimento.



Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif movimento uniforme”.

Resposta:  
Aceleração:  $a = 0$

b) Observando o vídeo e a fotografia abaixo que representa um movimento, represente, no retângulo abaixo, através de uma seta, caso exista, o sentido e a direção da aceleração do corpo em movimento.

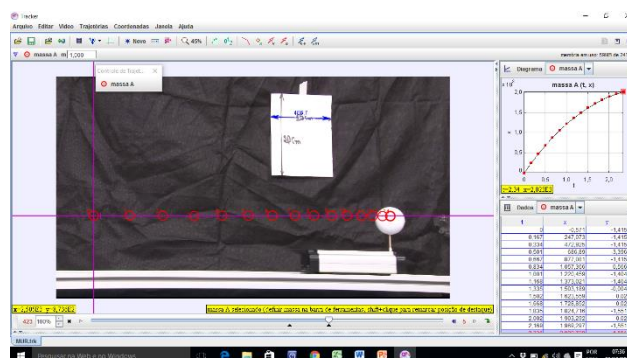


Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif movimento acelerado”.

Resposta: ←

Aceleração:

c) Observando o vídeo e a fotografia abaixo que representa um movimento, represente, no retângulo abaixo, através de uma seta, caso exista, o sentido e a direção da aceleração do corpo em movimento.

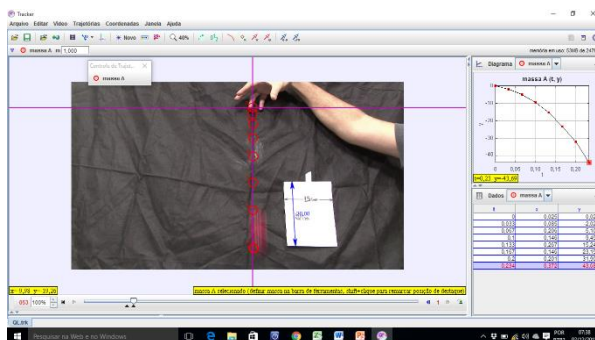


Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif movimento retardado”.

Resposta: ←

Aceleração:

d) Observando o vídeo e a fotografia abaixo que representa um movimento, represente, no retângulo abaixo, através de uma seta, caso exista, o sentido e a direção da aceleração do corpo em movimento.

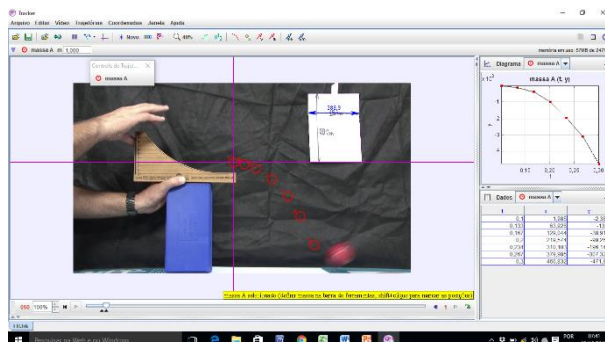


Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif queda livre”.

Resposta:

Aceleração: ↓

e) Observando o vídeo e a fotografia abaixo que representa um movimento, represente, no retângulo abaixo, através de uma seta, caso exista, o sentido e a direção da aceleração do corpo em movimento.

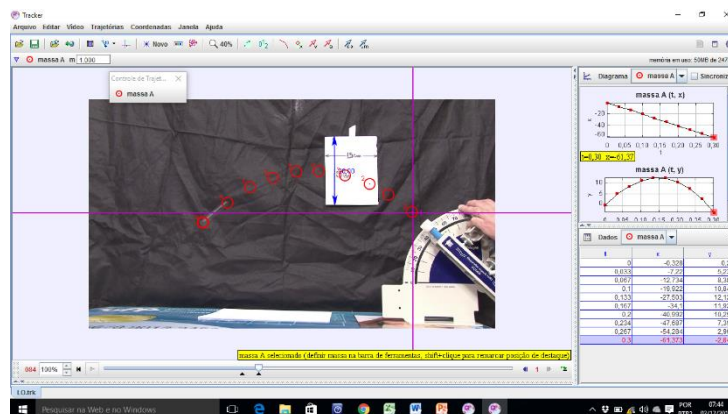


Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif lançamento horizontal”.

Resposta:

Aceleração: ↓

f) Observando o vídeo e a fotografia abaixo que representa um movimento, represente, no retângulo abaixo, através de uma seta, caso exista, o sentido e a direção da aceleração do corpo em movimento.



Este gif encontra-se no CD em anexo com o nome “gif lançamento oblíquo”.

Resposta:

Aceleração:



## PREPARAÇÃO TEÓRICA PARA VÍDEO ANÁLISE

### CONCEITOS DA CINEMÁTICA

a) Como descrito acima o ajuste da marcação do corpo pode ser feito através do programa, o que podemos dizer sobre o tamanho da partícula? Esse tamanho pode influenciar na análise do movimento? A marcação apresenta movimento de rotação e translação?

Nesta questão esperamos que o aluno entenda o conceito de partícula e que reduzir o corpo extenso em um ponto serve para analisar apenas o movimento de translação, simplificando a modelagem física.

Nesta questão sugerimos que o professor aplicador dê exemplos do cotidiano ou mostre no próprio programa o fato de aumentar ou diminuir a marcação.

b) No vídeo acima, apresentado pelo professor, o corpo está em movimento? Se sua resposta foi sim, o que você percebeu que garante sua resposta positiva?

A intenção desta questão é discutir a importância do referencial. A resposta esperada dada pelo aluno deve expressar o referencial escolhido para caracterizar o movimento e a definição de variação da posição no decorrer do tempo, para um referencial.

c) Imagine agora se a câmara fosse instalada junto do corpo, como você responderia a pergunta acima?

Mais uma vez a intenção é discutir a importância do referencial na análise do movimento. A resposta esperada seria repouso, pois estão no mesmo referencial. Nesta questão sugerimos que o professor aplicador de exemplos do cotidiano para o aluno entender a situação. Um bom exemplo é a localização de referencial em pontos diferentes como a situação de uma pessoa dentro e outra fora de um ônibus, onde as duas observam um objeto dentro do ônibus.

d) Marcaremos a posição do corpo sucessivamente no decorrer do movimento, o que diferencia essa marcação na situação de movimento e repouso? Qual a definição de posição? E de movimento? E de repouso?

Esta questão serviu para definir conceitos básicos, para que os alunos pudessem adquirir um vocabulário científico. A resposta esperada é: Movimento ocorre quando uma partícula muda de posição no decorrer do tempo para um referencial. Repouso ocorre quando a posição não muda no decorrer do tempo para um referencial. Posição é a localização de uma partícula numa trajetória.

e) Pra você o que representa a diferença entre as sucessivas posições assumidas pelo corpo durante o movimento?

Nesta questão serve simplesmente para definir trajetória e mais uma vez ampliar o vocabulário científico. A resposta esperada é Trajetória.

f) Se a diferença entre essas posições forem cada vez maior no mesmo intervalo de tempo, poderíamos dizer que o corpo está mais rápido?

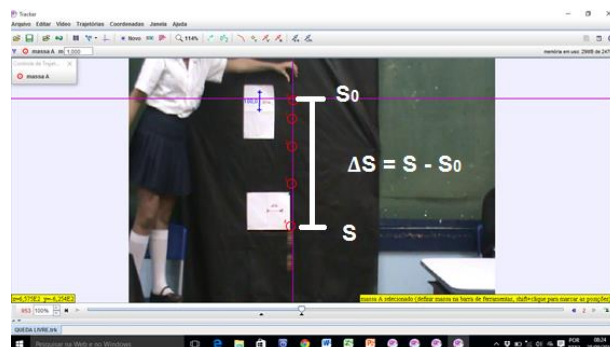
Esta questão introduz o conceito de velocidade. Nesta questão o professor pode demonstrar no vídeo a diferença citada na questão. A resposta esperada é a velocidade será cada vez maior. Nesta pergunta sugerimos que o professor compare a vídeo análise das questões a), b) e c) para que o aluno possa visualizar o fenômeno e a diferença entre os movimentos.

g) O conceito de rapidez remete a alguma palavra do dia a dia que você usa? Qual a conta que poderíamos fazer pra representar esse conceito?

Esta questão conduz o aluno a pensar na definição de velocidade e o cálculo a ser feito para chegar ao valor da velocidade. O professor aplicador tem que ficar atento se nesta questão o aluno irá confundir o conceito de aceleração e velocidade, comum nesta etapa da aprendizagem. A resposta esperada é Velocidade e  $V_m = \frac{\Delta X}{\Delta t}$

h) Na figura abaixo o que significa  $S_0$ ,  $S$  e  $\Delta X$ ? Com os dados retirados da imagem abaixo, como calcular a velocidade média do corpo durante o movimento?

Outra questão que serve para definir alguns conceitos. A resposta esperada  $V_m = \frac{\Delta X}{\Delta t}$  onde  $s_0$  é a posição inicial,  $S$  é a posição final e  $\Delta X$  é a variação do espaço.



## 2ª PARTE

### VÍDEO ANÁLISE

#### RETIRADA DE DADOS

a) Para este movimento analisado, a velocidade média do corpo em cada intervalo de tempo, aumenta, diminui ou permanece constante? Faça essa análise no eixo X (eixo horizontal).

Nesta questão o aluno deve perceber se a distância percorrida entre dois frames está aumentando, diminuindo ou permanecendo o mesmo. Ele deveria perceber que a velocidade permanece praticamente constante, uso a palavra praticamente, pois podem aparecer pequenas flutuações nos valores da velocidade e isso abre a condição do professor discutir o método científico, o ajuste dos dados no gráfico, algarismo significativo e o erro experimental. A resposta esperada é permanece constante.

b) Qual o sinal da velocidade? O que representa esse sinal? O sinal permanece sempre o mesmo ou muda ao longo do movimento? Justifique.

No eixo X essa pergunta não vai gerar dúvidas será, para o vídeo que produzimos, sempre negativa. A intenção é introduzir a classificação do movimento. A resposta esperada é negativo o sinal da velocidade que representa a orientação do movimento (sentido), o sinal da velocidade no eixo

X permanece o mesmo durante o movimento por conta da não mudança no sentido do movimento.

c) Para este movimento analisado, a velocidade média do corpo em cada intervalo de tempo, aumenta, diminui ou permanece constante? Faça essa análise no eixo Y (eixo horizontal).

Nesta questão o aluno deve perceber que na subida o módulo da velocidade diminui e na descida o módulo aumenta. Também serve como introdução para classificar o movimento. A resposta esperada, na subida a velocidade diminui e na descida a velocidade aumenta.

d) Qual o sinal da velocidade? O que representa esse sinal? O sinal permanece sempre o mesmo ou muda ao longo do movimento? Justifique.

Esta questão aborda a classificação do movimento, movimento progressivo e retrógrado, abordados nos livros didáticos, aborda também a questão do referencial e a resposta do aluno e sua justificativa deve ser coerente com o referencial adotado nos eixos de coordenadas, no caso desse movimento a orientação positiva está para cima então na subida a velocidade será positiva e na descida negativa. A resposta esperada, na subida o sinal é positivo e na descida o sinal será negativo, mostrando que o móvel muda o sentido de movimento e que o sinal acompanha essa mudança.

e) Dividimos a análise do movimento em dois eixos X e Y, o que poderíamos dizer sobre esses dois movimentos?

O professor deve conduzir o aluno e o mesmo deve ser capaz de classificar o movimento variado e uniforme assim como acelerado ou retardado, no caso do movimento estudado ele será uniforme no eixo X, retardado na subida no eixo Y e acelerado na descida do eixo Y. A resposta esperada, no eixo horizontal o movimento é uniforme e na vertical

uniformemente variado. Nesta questão o professor pode dar alguns exemplos sobre movimento acelerado, retardado e uniforme, pois os alunos que nunca viram este conteúdo e a classificação do movimento não saberiam classificar. Usar a vídeo análise o professor pode sugerir a resposta ou abrir uma discussão.

f) Nos dados e resultados analisados, existem erros de medida? Discuta em grupo e relate em poucas palavras o que você pensa sobre o erro experimental, caso necessite da ajuda do professor, ele pode ser incluído na discussão.

Nesta questão o intuito é o aluno perceber que uma experiência, os dados são retirados de medidas e essas são carregadas de erros experimentais onde devemos julgar o instrumento de medida utilizado, os algarismos significativos das medidas e que esse erro experimental não significa um erro conceitual.

## **ANÁLISE DOS GRÁFICOS**

a) A trajetória do movimento do corpo é retilínea ou curvilínea? Justifique sua resposta.

Esta questão serve para o professor conduzir o aluno na visualização da trajetória e a diferença dessa trajetória com as funções que descrevem a variação da posição no tempo. A trajetória desse movimento é curvilínea. A resposta esperada é curvilínea.

b) A função que descreve o movimento em cada eixo é do primeiro ou do segundo grau?

Aqui pretendemos abordar os conceitos de matemática, a resposta é no eixo X do primeiro grau e no eixo Y do segundo grau. A resposta esperada é no eixo X função do primeiro grau e no eixo Y função do segundo grau.

c) Retirem da análise feita pelo programa os valores de aceleração, velocidade inicial e posição inicial do movimento.

Mostrar para o aluno que o software ajusta a função adequada e fornece os parâmetros e estes são importantes para a interpretação da função e para o entendimento do movimento. Para esta resposta retiramos do gráfico de cada eixo e podemos desenvolver com os alunos o conceito de composição de movimento.

Eixo X:

|                                                               |                |              |          |
|---------------------------------------------------------------|----------------|--------------|----------|
| Fit Name: Line                                                | Fit Builder... | Parameter    | Value    |
| Fit Equation: $x = A^*t + B$                                  |                | A            | -2,041E2 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Autofit rms dev: 3,801E-1 |                | B            | 2,437E-2 |
| Correlation coefficient (R-squared) = 1,000                   |                | non-editable |          |

Eixo Y:

|                                                               |                |           |          |
|---------------------------------------------------------------|----------------|-----------|----------|
| Fit Name: Parabola                                            | Fit Builder... | Parameter | Value    |
| Fit Equation: $y = A^*t^2 + B^*t + C$                         |                | A         | -5,943E2 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Autofit rms dev: 1,307E-1 |                | B         | 1,693E2  |
|                                                               |                | C         | 7,980E-2 |

As unidades de espaço estão em cm e de tempo em segundos.

d) Analisando o movimento em cada eixo separadamente, qual tipo de movimento que se trata? Acelerado, retardado, uniforme ou repouso?

Resposta esperada, Eixo X uniforme e eixo Y acelerado na descida e retardado na subida.

e) Qual o valor da aceleração que o programa nos fornece desse movimento no eixo X e no eixo Y? Alguma destas acelerações possuem um valor próximo da aceleração da gravidade apresentadas nos livros didáticos ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )? Porque isso ocorre?

No eixo X o movimento não apresenta aceleração e no eixo Y deveríamos encontrar o valor próximo do valor da aceleração da gravidade. Teremos que explicar para o aluno a relação entre o valor que o parâmetro nos fornece com o valor da aceleração, ele está dividido por dois. Respostas esperadas, no eixo X vale zero e no eixo Y para análise feita chegamos ao valor de  $11,88 \cdot 10^2 \text{ cm/s}$  ou  $11,88 \text{ m/s}$ , esse resultado foi muito discrepante do valor esperado e deixamos uma recomendação importante nesta parte para que os resultados estejam mais próximo do valor esperados, o plano da filmagem deve ser o mesmo plano da calibração para que os valores encontrados estejam na mesma escala.

Vamos agora inverter os eixos de coordenadas do gráfico, rotacionando o eixo do gráfico escolhido em  $180^\circ$  e coletando os dados novamente, como na figura abaixo:

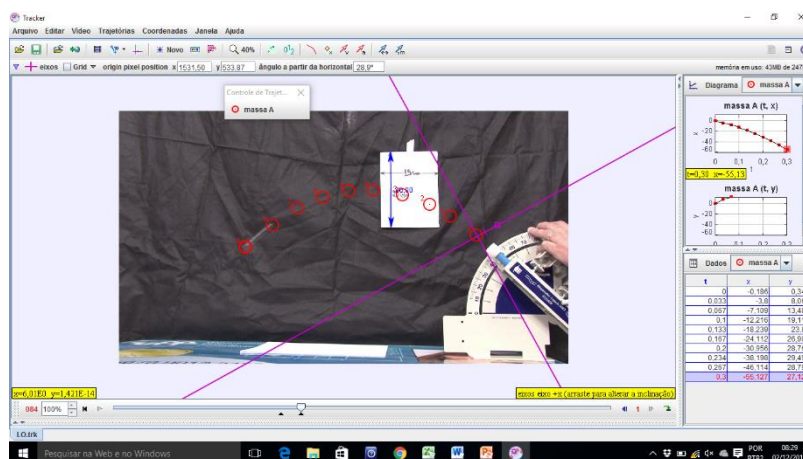


Figura mostrando o giro do gráfico

Novos gráficos após o giro dos eixos foram gerados, tente responder as perguntas abaixo e em seguida troque suas respostas com seus pares e com seu professor para chegar a uma conclusão.

f) A trajetória do movimento do corpo é retilínea ou curvilínea? Justifique sua resposta.

Invertemos os eixos para o aluno perceber que a função que descreve a relação da posição em função do tempo não é a trajetória da partícula, ou seja a concavidade da parábola inverte e a trajetória não, por isso a trajetória continua igual a trajetória da primeira pergunta. Resposta esperada é curvilínea.

g) A função que descreve o movimento em cada eixo é do primeiro ou do segundo grau?

A rotação em  $180^\circ$  nos eixos não muda a função. Eixo X primeiro grau e eixo Y segundo grau. Respostas esperadas são no eixo X função do primeiro grau e no eixo Y função do segundo grau.

h) Retirem da análise feita pelo programa os valores de aceleração, velocidade inicial e posição inicial do movimento. Os valores são iguais? Explique os valores após a comparação.

Os valores são os mesmos antes da rotação e apresentam sinais opostos, mostrando a mudança de referencial. Segue abaixo na figura as respostas esperadas. Uma sugestão para o professor aplicador é dizer aos alunos que façam uma comparação entre os sinais da velocidade e da aceleração em cada eixo.

Eixo X:

|                                                               |                |           |           |
|---------------------------------------------------------------|----------------|-----------|-----------|
| Fit Name: Parabola                                            | Fit Builder... | Parameter | Value     |
| Fit Equation: $x = A^2 + B^2 + C$                             |                | A         | 5.944E2   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Autofit rms dev: 4.087E-1 |                | B         | -1.678E2  |
|                                                               |                | C         | -7.858E-2 |

Eixo Y:

|                                                               |                |           |          |
|---------------------------------------------------------------|----------------|-----------|----------|
| Fit Name: Line                                                | Fit Builder... | Parameter | Value    |
| Fit Equation: $x = A^2 + B$                                   |                | A         | 2.040E2  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Autofit rms dev: 3.726E-1 |                | B         | 4.474E-2 |

### 3ª PARTE

#### SISTEMATIZAÇÃO

Nesta parte o professor revisaria todos os conceitos vistos durante a sequência didática visitando as equações encontradas durante a vídeo análise e discutindo a classificação do movimento.

#### AVALIAÇÃO

A proposta nesta parte é colocar os alunos para manusear o software criando vídeos com seus próprios celulares e repetindo basicamente toda sequência didática em grupo.