

GRÉGORI ALEXANDRE GORDIANO

**UMA ABORDAGEM NO ENSINO DE MECÂNICA UTILIZANDO O TRACKER**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

G661 Gordiano, Grégori Alexandre, 1985-  
2019 Uma abordagem no ensino de mecânica utilizando o tracker  
/ Grégori Alexandre Gordiano. – Viçosa, MG, 2019.  
xi, 91f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Inclui apêndice.

Orientador: Daniel Rodrigues Ventura.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 68-69.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Aprendizagem ativa.  
3. Mecânica - Estudo e ensino. 4. Recursos audiovisuais.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Física.  
Programa de Pós-Graduação Física. II. Título.

CDD 22 ed. 530.07

GRÉGRORI ALEXANDRE GORDIANO

**UMA ABORDAGEM NO ENSINO DE MECÂNICA UTILIZANDO O TRACKER**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Mestrado  
Nacional Profissional em Ensino de  
Física, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de fevereiro de 2019.



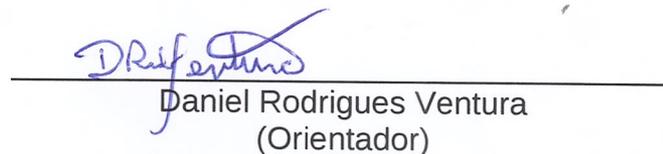
---

Marco Adriano Dias



---

Orlando Pinheiro da Fonseca Rodrigues



---

Daniel Rodrigues Ventura  
(Orientador)

Dedico este trabalho a meu pai por sempre estar ao meu lado e me dar forças nos melhores e piores momentos. Dedico também à minha mãe, a pessoa que mais acreditou em mim, mesmo em momentos que nem eu mesmo acreditava.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus professores, porque, sem eles, eu não estaria aqui.

À SBF, pela disponibilização do curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus amigos e parentes, por todo apoio.

Ao meu co orientador, Alexandre Tadeu, pelas ideias e puxões de orelha.

Ao meu orientador, Daniel Ventura, pela grande colaboração e disponibilidade.

À minha esposa, pela paciência e apoio durante essa fase de minha vida.

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

*"If I have seen further it is by standing on  
the shoulders of Giants."*

*"Se vi mais longe foi por estar de pé sobre  
ombros de Gigantes."*

(Isaac Newton)

## RESUMO

GORDIANO, Gregori Alexandre, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2019.  
**Uma abordagem no ensino de mecânica utilizando o tracker.** Orientador: Daniel Rodrigues Ventura.

Neste trabalho analisaremos como a aplicação de uma estratégia didática interativa pode favorecer a aprendizagem. Abordaremos os princípios fundamentais da mecânica, a partir da análise de vídeos de movimentos e de situações dinâmicas, numa abordagem que utilize um ensino investigativo. Esta abordagem procura envolver o estudante desde a criação e aplicação de vídeos que abordem conteúdo do estudo da mecânica no ensino médio. A estratégia didática permite aos estudantes um maior contato com situações dinâmicas da física e a partir de sua análise, permitirá um entendimento da física envolvida no fenômeno. Defenderemos que uma sequência de atividades didáticas de investigação promove a interação dos estudantes com seus pares, trazendo discussão de forma interativa e tornando-o mais ativo, facilitando o aprendizado efetivo dos fenômenos envolvidos, no estudo da mecânica e em outros conceitos diversos da física. Entretanto, no ensino médio, por força do formato dos exames seletivos para entradas nas universidades, o ensino ainda permanece, em sua maioria, tradicionalista e conteudista. A escola atualmente ainda lida com a falta de interesse dos aprendizes pelas informações transmitidas unicamente através de aulas expositivas que não despertam nos alunos a vontade de aprender. Então é necessário utilizar-se de outros instrumentos pedagógicos. Assim, aliado as atividades experimentais, associamos a vídeo análise e o uso dos dispositivos móveis para filmagens e posterior análise e interpretação no laboratório de informática para resgatar o interesse e construir conhecimentos. Os vídeos utilizados, bem como a sequência didática de diversas atividades, serão disponibilizados no produto destinado aos professores na forma digital e na Internet. Utilizando o vídeo como recurso e a modelagem de imagem como estratégia didática, além dos alunos poderem aprender importantes propriedades do movimento, eles têm oportunidade de desenvolver sua cultura científica.

## ABSTRACT

GORDIANO, Gregori Alexandre, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2019. **An Approach to Mechanics Learning in High School Using Videoanalysis**. Advisor: Daniel Rodrigues Ventura.

In this work we study how an interactive-engagement strategy benefits learning. We use investigative teaching to discuss the fundamental principles of mechanics from video analysis of motion. This approach aims to involve students in the creation and use of videos that support the teaching of mechanics at a high school level. This pedagogic strategy allows students a deeper contact with dynamic situations whose analysis leads to a better understanding of the physical principles underlying the phenomena. We argue that a sequence of investigative activities promotes interaction among students, bringing up peer discussion and fostering the learning process regarding mechanics and other branches of Physics. However, due to the current format of the university's admission exams, the High School teaching remains mostly traditional and focused on program contents. Presently schools still struggle with student's indifference to information conveyed solely by uninteresting expositive classes. Therefore, effective teaching requires the deployment of other pedagogic tools. We use a set of experimental activities comprising the recording of dynamical phenomena in mobile devices and their analysis in the computer lab. The videos used and our entire didactic sequence will be made available in the product related to this dissertation, both in digital media and also in the program's website.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Barra superior e Barra inferior.....	23
Figura 02 – Número de Frames e Limitadores de Frame (Carrinho).....	24
Figura 03 – Eixo de Coordenadas e Origem do sistema (Carrinho).....	25
Figura 04 – Fita de Calibração (Carrinho).....	25
Figura 05 – Ponto de Massa (Carrinho).....	26
Figura 06 – Parte em Destaque (Carrinho).....	27
Figura 07 – Analisar (Carrinho).....	28
Figura 08 – Ajustes da Curva (Carrinho).....	28
Figura 09 – Imprimir (Carrinho).....	29
Figura 10 – Exportar Dados (Carrinho).....	29
Figura 11 – Componente X da Velocidade Figura (Carrinho).....	30
Figura 12 – Primeiro lançamento horizontal, com velocidade A.....	32
Figura 13 – Imagem estroboscópica do movimento do lançamento A.....	32
Figura 14 – Segundo lançamento horizontal, com velocidade B.....	33
Figura 15 – Imagem estroboscópica do movimento do lançamento B.....	34
Figura 16 – Visão do Movimento Frontal (Pêndulo Frontal).....	35
Figura 17 – Visão do Movimento Inferior (Pêndulo Inferior).....	35
Figura 18 – Número de Frames e Limitadores de Frame (Pêndulo Frontal).....	41
Figura 19 – Eixo de Coordenadas e Origem do sistema (Pêndulo Frontal).....	42
Figura 20 – Fita de Calibração (Pêndulo Frontal).....	42
Figura 21 – Ponto de Massa (Pêndulo – Frontal).....	43
Figura 22 – Parte em Destaque (Pêndulo – Frontal).....	43
Figura 23 – Escala do Gráfico (Pêndulo – Frontal).....	44
Figura 24 – Analisar (Pêndulo – Frontal).....	44
Figura 25 – Imprimir (Pêndulo Frontal).....	45
Figura 26 – Exportar Dados (Pêndulo Frontal).....	45
Figura 27 – Número de Frames e Limitadores de Frame (Pêndulo Inferior).....	46
Figura 28 – Fita de Calibração (Pêndulo Inferior).....	47
Figura 29 – Centro de Massa (Pêndulo – Inferior).....	47

Figura 30 – Quadro de Referência (Pêndulo – Inferior).....	48
Figura 31 – Ponto de Massa (Pêndulo – Inferior).....	49
Figura 32 – Ponto Médio (Pêndulo – Inferior).....	49
Figura 33 – Escala (Pêndulo – Inferior).....	50
Figura 34 – Imprimir (Pêndulo – Inferior).....	51
Figura 35 – Exportar Dados (Pêndulo Inferior).....	51
Figura 36 – Movimento carrinho a pilha.....	54
Figura 37 – Fotografia Estroboscópica .....	55
Figura 38 – Videoanálise COLUNI .....	56
Figura 39 – Superposição de ondas .....	63

**LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 01 – Posição x Tempo (Carrinho) .....	54
Gráfico 02 –Análise COLUNI.....	56
Gráfico 03 – Lançamento vertical .....	57
Gráfico 04 – Uso de Práticas de Ensino .....	59
Gráfico 05 – Vibração vertical do pendulo na direção Y em função do tempo (t).....	61
Gráfico 06 – Movimento de rotação ( $\theta$ ) em função do tempo (s) num plano perpendicular ao Y.....	62
Gráfico 07 – Equação de Onda (pêndulo).....	64

---

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO GERAL	1
1.2 AS DIFICULDADES PRESENTES NO ENSINO BÁSICO DE FÍSICA	1
1.3 REFLEXÃO DE PESQUISADORES SOBRE A DEFICIÊNCIA NO ENSINO	1
1.4 A PROPOSTA DESTA PESQUISA NO ENSINO DE FÍSICA	4
1.5 ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS DESTA DISSERTAÇÃO E DO PRODUTO PROPOSTO	5
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>7</b>
2.1 ASPECTOS FUNDAMENTAIS DA REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES INOVADORAS PARA A APRENDIZAGEM TORNAR-SE AGRADÁVEL E SIGNIFICATIVA	7
2.2 PIAGET E A TEORIA CONSTRUTIVISTA	9
2.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	11
2.4 A INTERAÇÃO SOCIAL NA APRENDIZAGEM: VYGOTSKY	12
2.5 TRACKER COMO UM RECURSO DE ENSINO APRENDIZAGEM	15
<b>3 UTILIZAÇÃO DO TRACKER PARA AUXÍLIO EM AULAS DE MOVIMENTO UNIFORME</b>	<b>17</b>
3.1 LOCAL, PÚBLICO-ALVO E AS FERRAMENTAS DESTA PESQUISA	17
3.2 AS ORIENTAÇÕES PARA AS ATIVIDADES	19
3.3 O MOVIMENTO HORIZONTAL DE UM CARRINHO À PILHA	21
3.4 CONTEUDO DIDÁTICO PREVIAMENTE VISTO PELO ALUNO	22
3.5 INICIANDO O USO DO SOFTWARE TRACKER	23
3.6 OUTROS RECURSOS	30
<b>4 UTILIZAÇÃO DO TRACKER PARA A ANÁLISE DO PÊNULO DE WILBERFORCE</b>	<b>34</b>
4.1 DESCRIÇÃO DO PÊNULO DE WILBERFORCE	34
4.2 AS EQUAÇÕES DE ENERGIA DO PÊNULO DE WILBERFORCE (WF)	36
4.3 DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA DO PÊNULO WF	38
4.4 ANÁLISE DO MOVIMENTO DO PÊNULO WF	40
4.5 COMPORTAMENTO DAS OSCILAÇÕES TRANSLACIONAIS (DIREÇÃO Y)	40

4.6 COMPORTAMENTO DAS OSCILAÇÕES ROTACIONAIS (PLANO PERPENDICULAR AO EIXO Y)	46
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>52</b>
5.1 AVALIANDO QUALITATIVAMENTE O RESULTADO DESTA METODOLOGIA	52
5.2. PESQUISA DESENVOLVIDA E APLICADADA EM SALA DE AULA	52
5.2.1 UTILIZAÇÃO DO TRACKER APLICADOS EM SALA DE AULA PARA AUXÍLIO EM AULAS DE MOVIMENTO UNIFORME	53
5.2.2 ATIVIDADES ESCOLARES APLICADAS COMO ATIVIDADE EXTRACLASSE COM O TRACKER	55
5.2.3 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO USO DA METODOLOGIA	58
5.3 RESULTADOS DA ANÁLISE DO PÊNDULO DE WILBERFORCE (WF)	61
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1. OBJETIVO GERAL

Esta dissertação tem por objeto principal contribuir com novos métodos e técnicas de ensino, visando melhorias no ensino da física na educação básica, nas escolas públicas do nosso país. Tudo isso, dentro das limitações dos professores quanto ao seu tempo para dedicação ao preparo das aulas e levando em conta a escassez de recursos instrumentais e limitações no espaço físico nas unidades de ensino. Assim, proporemos atividades que visem um envolvimento do estudante com uma abordagem experimental para o estudo da física na primeira série do ensino médio, utilizando recursos modernos e gratuitos disponíveis e, também, softwares livres e aparelhos smartphones para registro dos experimentos em vídeo que serão usados para uma posterior videoanálise dos resultados com o software Tracker (2017).

### 1.2. AS DIFICULDADES PRESENTES NO ENSINO BÁSICO DE FÍSICA

Alguns avanços na área educacional em nosso país vêm sendo observados desde quando se propôs a universalização do acesso ao ensino fundamental na década de 2000 (BARBOSA FILHO; MOURA, 2013). Tudo isso resultou em um crescimento quantitativo que resultou em uma ascensão progressiva no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), com valor médio de 7% ao ano, para o período de 2005 e 2013. Porém o desempenho dos alunos da rede estadual está estagnado desde 2009 (FALCÃO, 2015). Além disso, dados da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica mostram que há uma grande evasão, sendo a taxa de conclusão por ciclo nas instituições de 43,8%, aproximadamente, e a taxa de evasão por ciclo de 49,5% (PEÇANHA, 2018).

### 1.3. REFLEXÃO DE PESQUISADORES SOBRE A DEFICIÊNCIA NO ENSINO

Como pode ser verificado nos índices acima expostos, a escola não está conseguindo grandes avanços e os alunos não tem permanecido nela, indicando que há dificuldades no aprendizado dos conteúdos ministrados. No caso específico do

ensino da disciplina de Física, somente no Ensino Médio, os estudantes passam a ter um contato efetivo com ela. Anteriormente ao Ensino Médio, os alunos têm um tímido contato com a Física quando chegam no nono ano do Ensino Fundamental, em ciências, onde a disciplina é dividida entre Física e Química, porém, em muitos casos, a preferência do professor pela química e a biologia reduz o contato inicial dos alunos com a física. Dessa forma, esses estudantes encaram mais desafios no aprendizado desta disciplina do que em outras que já estavam habituados (DE OLIVEIRA, 2013).

A dificuldade de aprendizagem em física é muito evidente entre estudantes brasileiros e em outras partes do mundo.

O elevado número de reprovações na Física, nos vários níveis de ensino e em vários países, mostra bem as dificuldades que os alunos encontram na aprendizagem dessa ciência. As causas deste problema não estão devidamente esclarecidas. E, por isso, as soluções também não estão. Contudo, entre as razões do insucesso na aprendizagem em Física, são em geral apontados aos professores métodos de ensino desajustados das teorias de aprendizagem mais recentes e não utilização dos meios mais modernos, enquanto aos alunos são apontados insuficiente desenvolvimento cognitivo. Fiolhais e Trindade (2003, p. 259),

Estudos voltados para melhoria dos métodos e técnicas de ensino vêm sendo desenvolvidos nas universidades brasileiras. Encontros entre pesquisadores do ensino de física discutem essa temática, o mais recente ocorrido, nomeado “Os desafios da pesquisa em Ensino de Física frente às tensões contemporâneas” [EPEF 2018], aconteceu em agosto de 2018 em Campos do Jordão, São Paulo (SP). Um dos objetivos destes encontros de pesquisadores é fazer a conexão entre as pesquisas recentes desenvolvidas nos centros universitários e a sala de aula, de forma que encontremos uma melhor maneira de disseminar um ensino que tenha práticas pedagógicas envolventes (PIAGET, 1978) e que contemple uma aprendizagem significativa ao aprendiz (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 1999).

Uma aprendizagem de forma investigativa, aplicada de uma maneira envolvente, poderá contribuir para que ao construir o conhecimento, o seja de maneira significativa, trazendo certamente autonomia para outras buscas por conhecimentos, trará o domínio dos conceitos e clareza dos fenômenos, por estes alunos. Tudo isto é fundamental para contribuir ativamente no desenvolvimento do aluno. Desta forma, realizar as atividades com uma abordagem sequencial didática de maneira investigativa pode favorecer o aprendizado do aluno, o envolvendo na discussão de forma interativa e tornando-o menos passivo em aulas (CARVALHO, 2011). Para que

haja o crescimento na aprendizagem de ciências e matemática, a escola deve procurar acompanhar a evolução tecnológica e adequar suas metodologias com uso de recursos modernos, atrativos e envolventes aos estudantes (PIAGET, 1976).

Paralelamente, PASSARELLI, JUNQUEIRA e ANGELUCI (2014) mostram que 80% dos jovens (de até dezoito anos) afirmam ter obtido seu primeiro smartphone antes dos treze anos de idade, o que evidencia a familiaridade dos jovens com o uso de modernos aparelhos de comunicação. Assim, o uso desses dispositivos móveis tem aumentado muito nos últimos anos e a idade em que tem o primeiro aparelho tem reduzido. Aproveitar estes recursos modernos em favor da modernização do ensino usando a tecnologia é um grande desafio dos profissionais da área. Profissionais da educação precisam adequar-se a uma nova realidade, pois estes aparelhos, apesar de poderem prejudicar a atenção e o ensino, disponibilizam aplicativos e meios que podem ser usados como recurso pedagógico. MOURA (2009) explica que o acesso ao conteúdo Multimídia vem-se estendendo às tecnologias móveis, como os celulares, proporcionando um novo paradigma educacional, o *mobile-learning* ou a aprendizagem móvel.

Devido a toda evolução tecnológica, a informática tem sido inserida nas escolas e permite a valorização do deslocamento das atividades de ensino para experiências e vivências virtuais, em lugares, tempos e espaços que trazem um enriquecimento didático, deixando para o passado os restritos perímetros em que ocorrem as relações tradicional e fechada entre professores e alunos (MACEDO; BIAZUS; FERNANDES, 2011). O uso de métodos voltados para o ensino, como o uso da informática, acontece porque os métodos tradicionais nem sempre conseguem atrair e manter a atenção, motivar, ou, até mesmo, apresentar de forma completa os conteúdos como meios que necessitem de interação ou que necessitem de uma observação da sua dinâmica e que são melhor visualizados em 3D (três dimensões).

O acesso a dispositivos eletrônicos subtrai a atenção do aluno e dificulta a aprendizagem, exigindo dos docentes cada dia mais criatividade e astúcia, além do domínio completo do conteúdo. As potencialidades para o uso do computador no ensino de Física são amplas, dentre elas estão o ensino à distância, a análise de dados experimentais, a confecção e exibição de vídeos e de simulações (estática e dinâmica) de fenômenos físicos, entre outros. MINTZES et al. (2005, p. 214) declaram que:

Ajudar os jovens que estudam ciência a construírem melhores modelos científicos da natureza é um papel muito promissor para os computadores, especialmente para as simulações e os laboratórios virtuais baseados em microcomputadores.

#### 1.4 A PROPOSTA DESTA PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA

O modelo de ensino onde o professor é o centro, orador que apresenta o conteúdo de forma expositiva e com clareza, é o mais utilizado. Neste método, denominado tradicional, os estudantes agem passivamente quase todo o tempo, com direito a perguntas em alguns casos. Este formato não será completamente descartado, pois ele funciona também, mas somente durante alguns minutos da aula o aluno consegue manter-se concentrado. O que faremos é uma complementação a estas aulas expositivas, além do que já é feito com aulas experimentais, será feita uma complementação com vídeo análise.

Como foi apresentado no início deste capítulo, este projeto tem como meta, estimular os estudantes à aprendizagem de física e também matemática, incluindo, na metodologia já utilizada, uma técnica em que vídeos prontos ou filmagens de experimentos dinâmicos de física que explicitem fenômenos físicos, sejam discutidos e analisados em aulas. Quando a infraestrutura escolar permitir, usar o laboratório de informática da escola, mas quando isso não for possível, usar salas de projeção com projetores multimídia e incentivar que os estudantes realizem a análise dos vídeos com uso de software livre TRACKER (2017). Esta é uma abordagem de ensino que visa a redução das dificuldades de aprendizagem nos conteúdos de ciências bem como da matemática, esta última relacionada à interpretação e entendimento de gráficos de funções elementares. Associando à atividade experimental e investigativa estes simples e acessíveis recursos digitais, iremos avaliar como esta metodologia poderá contribuir para melhoria das aulas, pois apenas com o auxílio de um computador e aparelhos *smartphones*, pode-se despertar o interesse dos estudantes e utilizar de situações cotidianas para ensinar física e ampliar o conhecimento de matemática de forma envolvente.

O projeto tem como objetivo principal apresentar aos professores uma maneira de utilizar um recurso diferente e com isso introduzir recursos midiáticos na escola contemporânea, começando pelo colégio de aplicação CAP-COLUNI/UFV e assim abrir caminho para que outras escolas também tenham a oportunidade de usar a

tecnologia computacional como complemento educacional e instrumento de aproximação dos estudantes com a Física, por meio do uso de uma metodologia de investigação científica e com o auxílio do software livre Tracker (2017). O projeto também serve ao propósito de despertar nos estudantes o interesse pelo estudo da Física, analisando cenas que os alunos vivenciam em seu cotidiano, como o movimento de um carro, ou o cair de uma bolinha, sob um novo aspecto, aproximando assim a realidade da teoria.

Organizar um material para estudo de mecânica para a primeira série do Ensino Médio que associe o uso de experimentos simples e a usando o Tracker.

Testar de maneira observacional e qualitativa, como aplicação da sequência didática investigativa usando os recursos da filmagem e sua discussão usando o recurso da videoanálise de maneira interativa favorece a construção de conhecimentos.

## 1.5 ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS DESTA DISSERTAÇÃO E DO PRODUTO PROPOSTO.

Esta dissertação é composta por seis capítulos, divididos na seguinte forma:

Neste primeiro capítulo consta a introdução ao trabalho, nele são apresentados os objetivos da dissertação, a proposta da pesquisa, a justificativa do trabalho, como foi realizado e como estão distribuídos os capítulos nesta escrita.

No segundo capítulo faz-se uma apresentação sucinta de pensadores nos quais apoiamos para este trabalho, nele está a fundamentação teórica colocando as principais ideias sobre a teoria de aprendizagem, entre eles Piaget (1976) e Ausubel (2003) e também uma discursam sobre o software Tracker.

No terceiro capítulo, apresentamos os estudos realizados na primeira série numa escola pública durante dois anos consecutivos, 2016 e 2017, em experimentos dinâmicos de mecânica para discutir e entender de maneira envolvente os fenômenos, obtendo equações, gráficos, e provocando uma interação ativa entre estudantes e seus pares, e dar maior significado à aprendizagem. Também, neste capítulo, apresentamos a videoanálise e as orientações utilizadas nos experimentos.

No quarto, uma breve explicação do funcionamento do pêndulo de Wilberforce, que estudamos como complementação deste trabalho. Os resultados da análise do

movimento deste pêndulo, com vibrações em três direções, são obtidos por videoanálise usando o Tracker. Este estudo foi só um aprofundamento no uso da videoanálise, para evidenciar a possibilidade de estudos físicos mais complexos, mas sem aplicar na escola, pois não é de fácil entendimento para estudantes do ensino básico. Filmagens e análise dos movimentos deste pêndulo, construído com material acessível, evidenciam que o recurso de videoanálise poderá ser usado em situações mais complexas no estudo da física e quão útil poderá ser em novas investidas de análise.

No quinto capítulo apresentamos os resultados deste estudo e discutimos as dificuldades e motivações desta pesquisa.

No sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões e propostas de futuras investigações.

Nos anexos temos o produto desta dissertação: Anexo 1, apresentamos o manual de apoio e o link do vídeo referente ao movimento uniforme de um carrinho de controle remoto, abordado no capítulo 3 dessa dissertação. Anexo 2, O link de um vídeo de uma queda de um objeto em que a filmagem apresenta o movimento na horizontal. Anexos 3 e 4 links do vídeo referente ao pêndulo de Wilberforce, abordado no capítulo 4 dessa dissertação.

Ao final, estão as referências utilizadas em toda a dissertação.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ASPECTOS FUNDAMENTAIS DA REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES INOVADORAS PARA A APRENDIZAGEM TORNAR-SE AGRADÁVEL E SIGNIFICATIVA

O uso de computadores, bem como o de telefones portáteis com sistemas que permitem aplicativos, têm sido de grande ajuda para melhorar o ensino-aprendizagem escolar, de acordo com ROCHA (2010):

Ultimamente, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) têm sido usadas como ferramentas potencializadoras no ensino de física experimental através de computadores, internet, programas computacionais educacionais de modelagem, simulação ou até mesmo aquisição de dados experimentais.

De acordo com SERAFIM e SOUSA (2011):

A mediação entre professor e aluno deve ser feita por meio de um diálogo aberto, de maneira que incentive a produção de conhecimento dos alunos por meio de uma linguagem mais próxima de suas realidades, valorizando a criatividade e os saberes de cada um deles.

Trazendo para o aluno pequenos vídeos do seu cotidiano, ele gradativamente irá se envolvendo e fará conexões entre o novo conhecimento, relacionando-o com o seu conhecimento prévio, segundo MOREIRA, (1999):

A aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não-literal) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. [...] O processo de informatização da educação deve ser considerado como meio de ampliação das funções do professor, favorecendo mudanças nas condições e no processo ensino-aprendizagem.

De acordo com D'AMBRÓSIO (2003), “é claro que a tecnologia por si, não implica uma boa educação, mas sem dúvida, é quase impossível conseguir uma boa educação sem tecnologia.” O que nos leva a concluir que uma aula fazendo uso de recursos digitais e inovadores não é certamente a garantia de uma maior aprendizagem e grandes avanços no conteúdo, entretanto a possibilidade de o aluno adquirir conhecimentos com estes recursos tecnológicos é mais provável.

Foi observado por SANTAELA que

A ampliação do uso das tecnologias digitais na educação não deva substituir as práticas de ensino adotadas anteriormente. O que significa que nenhuma tecnologia de linguagem elimina as anteriores, ou seja, as formas emergentes de aprendizagem ou os novos modelos educacionais não seriam capazes de apagar os modelos precedentes.

Para ARAUJO e VEIT (2009), a eficácia de um recurso computacional não depende apenas de suas características inerentes, mas, especialmente, das estratégias didáticas empregadas no seu uso, sendo necessário levar em consideração uma série de recomendações relativas à forma de implementação, tais como:

- i) Propor questões instigantes, que motivem os estudantes a interagirem com os recursos computacionais;
- ii) Definir objetivos a serem alcançados na interação;
- iii) Definir conceitos e procedimentos associados ao conteúdo que se deseja que os alunos aprendam;
- iv) Promover a reflexão por parte do estudante, tanto sobre os resultados imediatos de suas ações quanto sobre a razoabilidade física dos resultados encontrados.

A experimentação é um caminho possível e interessante, que associado a recursos digitais atuais pode envolver os estudantes na sua aprendizagem e propiciar maior compreensão dos conteúdos. A análise e a modelação de vídeo utilizando software livre, são utilizadas para facilitar a aprendizagem da Física, majoritariamente no estudo da cinemática, mas que se estende também a outras áreas como o ensino experimental de óptica e ondas. Como exemplo, CARVALHO et al (2013) propõem um experimento simples com base na modelação de vídeo, que permite entender o comportamento das ondas sonoras como sendo longitudinais, também foi proposto por VENTURA et al. (2017) um estudo de ondas estacionárias em molas helicoidais publicado por outro trabalho do mesmo grupo, recentemente um estudo feito com vídeo análise sobre o salto Grand Jeté de uma bailarina e o movimento do seu centro de massa são analisados e discutidos seus aspectos físicos importantes.

Neste nosso trabalho apresentamos uma proposta de recursos interativos para a abordagem introdutória da temática mecânica no ensino médio. Para esta aplicação, realizamos filmagens de atividades que explicitem alguma parte da mecânica abordada no ensino médio na primeira série de uma escola pública federal, para serem analisadas com o software educativo TRACKER (2017).

As práticas pedagógicas e sequências didáticas mais arrojadas e vigentes nas escolas, trazem inovação e influências das pesquisas de grandes pensadores que influenciaram a teoria de aprendizagem e, entre eles, PIAGET (1974) e VYGOTSKY (1984). Descreveremos nesta fundamentação teórica alguns pontos principais das ideias destes pensadores. As ideias na teoria da aprendizagem de VYGOTSKY (1987) devem ser consideradas pelos educadores, nela é ressaltado que a linguagem é um agente capaz de exercer forte influência no fluxo do pensamento que elabora o aprendizado por meio da interiorização do diálogo que o indivíduo estabelece com o meio. Aliado a tudo isso, a aprendizagem só se torna significativa quando envolve a aquisição de novos significados e que persistam. Ou seja, o surgimento de novos significados no aprendiz reflete a ação e a finalização anterior do processo de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003).

## 2.2 PIAGET E A TEORIA CONSTRUTIVISTA

Jean Piaget (1896-1980) foi um dos mais importantes referenciais do construtivismo do século XX. Sua teoria aborda o desenvolvimento cognitivo em que um sujeito é “epistêmico e científico”, ou seja, ele constrói seu conhecimento e conhece o mundo sobre uma perspectiva científica. Este sujeito possui uma percepção humana quanto a sentidos e leituras do espaço variável (que se aprende e se desenvolve) através de funções gerais invariantes – adaptação e organização. Interagindo com o ambiente, o sujeito vai agregar esse conhecimento de uma forma coerente em seu sistema psicológico. Esse armazenamento de forma coerente é o que Piaget chama de organização.

A mente humana tem seu funcionamento de uma forma equilibrada, pois tem a capacidade de aumentar seu grau de organização e adaptação, devido a interação com o meio externo. Quando existem novas experiências não assimiláveis, a mente tende a modificar este grau de organização para que volte a trabalhar de forma organizada. Esta modificação corresponde ao que Piaget chama de acomodação. A assimilação e a acomodação correspondem a processos complementares que acarretam na adaptação, ou seja, a mente tem a tendência de se adaptar ao meio interagindo com ele. Adaptação e organização são faces de uma mesma moeda, são processos complementares inseparáveis. Fazem parte de um mesmo processo que

se manifesta no interior do sujeito na organização cognitiva e no exterior do sujeito na adaptação ao meio.

A assimilação e a acomodação são mecanismos que operam juntos, de modo que o meio é sempre interpretado por estruturas cognitivas existentes (assimilação), no entanto estas estruturas cognitivas são modificadas pelas estruturas do meio (acomodação). Esse tipo de mecanismos é lento, porém contínuo, através do qual o novo é assimilado sendo agregado ao conhecimento já sedimentado. Assim, após seu encontro com o novo, a estrutura cognitiva do previamente conhecido não permanece inalterada (SHANE, 1991, p. 25).

### **Equilibração majorante**

Piaget chama de equilibração majorante o processo responsável pela evolução cognitiva, tanto pelo desenvolvimento mental, quanto pela aprendizagem do indivíduo, provocando, nesta evolução, o aumento de conhecimento. A construção do conhecimento humano é baseada em interações socioculturais que por sua vez são construídas por meio da equilibração majorante. Como Piaget possui uma teoria interacionista, o desenvolvimento cognitivo individual é resultado de interações entre fatores externos e internos. Então podemos concluir que a equilibração majorante é responsável pelo equilíbrio cognitivo.

Para Piaget existem quatro períodos para o desenvolvimento cognitivo em uma criança/adolescente que situam aproximadamente nos intervalos apresentados a seguir.

1. **Sensório-motor** - Do nascimento até dois anos de idade.

Características principais: Ações não coordenadas, uma ação não faz relação com outra. Tudo parece ser uma extensão de seu próprio corpo.

2. **Pré-operacional** - Entre dois e sete anos.

Características principais: Desenvolvimento da linguagem. Atenção voltada a aspectos mais atrativos.

3. **Operacional concreto** – Entre sete e onze anos.

Características principais: Descentralização do egocentrismo. Pensamento com lógica e características de lógica em operações reversíveis.

4. **Operacional formal** - Dos onze anos em diante.

Características principais: Crescente capacidade de raciocínio a partir de hipóteses verbais. Raciocínio através de manipulações mentais. Uso de raciocínio hipotético. Esta sequência de períodos é contínua e gradativa, um período é precursor do outro, ou seja, acontecem de maneira invariante, mas a duração de cada período para cada indivíduo pode variar.

### 2.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Para Ausubel podem haver dois tipos de aprendizagem, mecânica ou significativa. Na aprendizagem mecânica, o aprendiz absorve o conteúdo aprendido de forma literal e arbitrária, porém não é capaz de assimilar este conhecimento adquirido com algum conhecimento prévio já inerte em sua estrutura cognitiva. Para Ausubel a aprendizagem significativa só é obtida, de fato, caso haja a interação com algum conhecimento prévio e específico referente ao conteúdo abordado, que esteja presente e consolidado na estrutura cognitiva. Neste caso, o conhecimento recém adquirido é consolidado e também os conhecimentos prévios são reforçados, fazendo uma interação entre esses conhecimentos, que é uma característica substancial para a aprendizagem significativa.

Para a aprendizagem significativa o aprendiz já deve ter uma pré-disposição para o aprendizado. E o conteúdo deve ser aprendido de maneira sequencial e construtiva, de maneira a complementar o conhecimento já inerte ao aprendiz. Porém, apesar de serem opostas, as aprendizagens mecânica e significativa, fazem parte de um mesmo processo de formação, por isso podemos considerar que a aprendizagem é processo contínuo de formação em que o aprendiz vá agregando os novos conhecimentos adquiridos aos conhecimentos já consolidados em sua estrutura cognitiva.

Dizemos que a interação entre o novo conhecimento e a estrutura cognitiva já existente, de modo a criar uma estrutura mais organizada, é conhecida como Assimilação. Ausubel diz que há três de formas aprendizagem, aonde há uma assimilação de conhecimentos novos e antigos.

a) Aprendizagem Subordinada: Um novo conhecimento tem como base alguma ideia já estabelecida (subsunção), conceitos e proposições estáveis no aprendiz.

b) Aprendizagem Superordenada: conceitos base já são reconhecidos como exemplos mais próximos da nova ideia.

c) Aprendizagem Combinatória: O novo conhecimento associa-se com conhecimentos já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, mas não chega a ser um conhecimento mais específico ou abrangente que o conhecimento prévio.

Para que ocorra a aprendizagem significativa, o novo conhecimento deve ser relacionável de modo não-arbitrário e substantivo com o conhecimento prévio do aprendiz e este deve adotar uma atitude de aprendizagem para fazer essa relação. Em termos de ensino e aprendizagem, diz-se que o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, ou seja, relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal à estrutura cognitiva do aluno e este deve buscar, deliberadamente, relacionar o novo material com aquilo que já sabe. (Marco A. Moreira - Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências)

## 2.4 A INTERAÇÃO SOCIAL NA APRENDIZAGEM: VYGOTSKY

Acabamos de abordar a importância da manipulação de objetos, coisas, textos para que a partir do conhecimento existente seja construído o novo e de forma bem sedimentada. Pois é a partir da discussão de questões cotidianas, levantando questões, discutindo-as, a partir de observações e discussões que são feitas, as conexões com o conhecimento prévio e gradativamente dão a passagem para a ação intelectual (PIAGET, 1976). Sobretudo, esta transição não ocorre de maneira fácil, nem para o professor e nem para o estudante, pois não é simples sistematizar a sequência de desenvolvimento que leve a uma assimilação intelectual, claro que é bem mais simples ações expositivas por parte de quem está ensinando.

Sendo assim, é preciso que o educador esteja atento a cada etapa das atividades, observando as respostas dos aprendizes e refletindo sobre elas. Assim, modificando a ação a partir do erro. Em seu trabalho sobre sequências investigativas, CARVALHO (2011) ressalta que “o erro, quando superado pelo aluno, ensina muito mais do que aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio.” Porém numa sala de aula convencional, trabalhamos com um número elevado de estudantes e promover a interação social dos mesmos é uma tarefa que necessita dos conhecimentos da teoria do cognitivo do grande psicólogo Vygotsky (1896-1934).

Para Vygotsky (1984)<sup>1</sup>, *as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais*, o ambiente e as interações sociais favorecem a

---

<sup>1</sup> VYGOTSKY, L. S. A formação Social da Mente. São Paulo, Martins Fontes, 1984.

assimilação do conhecimento. Portanto, é muito importante no ensino a forma como ocorre a interação entre educador e educando e entre o educando e seus pares em sala de aula.

Em outro importante tema desenvolvido por Vygotsky (1984), relacionado a aprendizagem, ele ressalta que os processos psicológicos das pessoas se consolidam através dos objetos, ferramentas, ou elementos sociais que são trazidos pela cultura, família. Uma capacidade latente de cada indivíduo que pode ser considerada de herança cultural.

Assim como Piaget, Vygotsky (1984) recomenda uma avaliação dinâmica das respostas dadas às questões pelos estudantes, de forma que a interação entre o professor e o estudante não acaba após a resposta, principalmente quando a resposta não está completamente correta. Na maneira estática de ensinar, o professor vai rapidamente para o próximo passo sem grandes discussões. No modelo dinâmico proposto por Vygotsky (1984), após uma resposta errada, o professor vai direcionando o aluno na busca do conhecimento gradativo.

Em sua teoria, Vygotsky (1984) afirmava que o desenvolvimento intelectual, ou seja, o desenvolvimento cognitivo, depende também do contexto social do aprendiz, para ele, com a socialização do aprendiz é possível o desenvolvimento de processos mentais mais elaborados, não é com um alto desenvolvimento cognitivo que o aprendiz é capaz de se socializar.

Os processos mentais mais elaborados (linguagem, pensamento, comportamento) do aprendiz têm origem em processos sociais. E o desenvolvimento desses processos é MEDIADO por instrumentos e signos. Instrumentos e signos, podemos dizer que um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa, um objeto palpável ou mensurável; já um signo é algo que significa alguma coisa em seu contexto histórico. O Livro de Mecânica, por exemplo, é um instrumento. Já as palavras usadas no livro ou “emojis” usados nos celulares, são signos. A linguagem e a matemática são sistemas articulados de signos. Temos então que, quanto maior a utilização dos signos e dos sistemas de signos, maior será a provocação dos processos mentais e cognitivos, o que acontece de mesma maneira para a utilização dos instrumentos.

Segundo Vygotsky (1984), todas funções mentais vêm de uma relação entre seres humanos. Para ele, toda função aparece duas vezes no desenvolvimento

cognitivo de uma criança, a primeira acontece em nível coletivo, social (interpessoal), já a segunda acontece em nível individual (intrapessoal).

Para uma boa transição dinâmica do conhecimento interpessoal para o intrapessoal a interação social é fundamental, pois precisamos de ao menos duas pessoas trocando signos e sistemas de signos, e que apresentem um grau de reciprocidade que irá gerar maiores experiências e conhecimento agregados para ambos. Homens, mulheres, crianças, adultos, todos os indivíduos sempre estão interagindo socialmente, para Vygotsky (1984) essa interação é imprescindível para o desenvolvimento cognitivo linguístico.

Para Vygotsky (1984), o potencial do aluno de resolver problemas pode variar da forma em resolver problemas de forma independente (sozinho) que é chamada de *desenvolvimento real*, e resolvendo problemas com ajuda, colegas mais experientes ou professor, que é chamado de *desenvolvimento potencial*. Tem-se que a diferença entre o *nível de desenvolvimento real* e o *nível de desenvolvimento proximal* é chamada de zona de desenvolvimento proximal conhecida como ZDP.

O nível de desenvolvimento real é dinâmico e aumenta constantemente. Quando observamos as crianças, o que tipicamente observamos é a capacidade que elas desenvolveram, pela interação da hereditariedade e do ambiente. Em grande parte, entretanto, estamos verdadeiramente interessados no que elas são capazes de fazer, isto é, qual seria seu potencial, se estivessem liberadas dos limites de um ambiente que jamais é realmente ótimo.

Na infância o processo de formação de conceitos se caracteriza por 3 fatores.

- i) Agregação desorganizada, observa-se a criança agrupando objetos de formas aleatórias, ela não consegue fazer distinção entre grupos.
- ii) Pensamentos mais complexos, a criança consegue agrupar objetos de forma que faça sentido e que tenha alguma lógica pertinente. É a fase dos pseudoconceitos.
- iii) Ideias e conceitos que requerem uma abstração de característica comuns em diferentes objetos, que auxiliam progressivamente no processo de formação de conceitos.

Ao brincar a criança assume papéis e aceita regras próprias da brincadeira executando, imaginariamente, tarefas para as quais ainda não está apta ou não sente como agradáveis na realidade (VYGOTSKY, 1997, p. 56)

Então a criança pode seguir regras mesmo em um ambiente de descontração.

O desenvolvimento potencial ou conjunto de habilidades possível de ser atingido por uma pessoa pode ser atingido quando auxiliado por outro em suas interações sociais, seja o outro um entre os pares ou o tutor. Neste sentido, a escola tem-se adequado em suas atividades, procurando buscar signos significativos para o ensino, realizando trabalhos em grupo. Os estudantes estão todos na mesma região de desenvolvimento real e o trabalho os leva a ter segurança e os motivam na construção do novo conhecimento e nestas interações socioculturais podem produzir um ganho significativo de aprendizagem. A escola deve sempre partir dos conceitos intuitivos ou espontâneos dos estudantes, pois é a partir destes que o professor irá criar condições, com suas atividades de ensino, para que social e individualmente, gradativamente o estudante construa suas habilidades dentro de sua potencialidade naquele conceito proposto com a atividade.

## *2.5 TRACKER COMO UM RECURSO DE ENSINO APRENDIZAGEM*

O Tracker é um software com muitos recursos e já bastante utilizado no meio acadêmico, é um software capaz de associar a posição de um objeto em qualquer instante de tempo do vídeo, já observamos também sua utilização em algumas escolas.

Durante a aquisição de pontos podemos optar entre duas formas de aquisição de pontos, uma é a busca automática nesse caso temos ao associar a posição do objeto este deve ter uma região em destaque bem definida, pois o programa faz a varredura dos pontos utilizando o contraste entre as cores do ponto selecionado e a região entre esse ponto ao decorrer do vídeo. A outra forma de aquisição é a busca manual onde o usuário escolhe manualmente os pontos ao longo do vídeo.

Além da aquisição dos pontos o programa também retorna dados como os de posição, velocidade, aceleração entre outros, estes dados são retornados em tabelas como em gráficos.

Seu uso de maneira básica e introdutória é fácil. Podem-se encontrar diversos vídeos de uso do Tracker na internet como este de 2018, acessado em 11-01-2019, [https://www.youtube.com/watch?v=nJ\\_cli9cJyE](https://www.youtube.com/watch?v=nJ_cli9cJyE), manuais de utilização como o uso <https://www.compadre.org/osp/> e <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/lab/tracker.html> e

podendo realizar o download do software no site <https://physlets.org/tracker/>, para iniciar na escola é sempre bom o professor testar a sua instalação e o seu uso, se possível realizar uma aula prévia com seu uso.

### 3 UTILIZAÇÃO DO TRACKER PARA AUXÍLIO EM AULAS DE MOVIMENTO UNIFORME

#### 3.1 LOCAL, PÚBLICO ALVO E AS FERRAMENTAS DESTA PESQUISA

Em nosso estudo, uma sequência de atividades foi elaborada, como complementação as atividades já tradicionalmente aplicadas numa escola pública federal, exclusivamente de ensino médio, de referência nacional. Apesar de ser uma excelente escola e ter estudantes interessados e dedicados, nela a física está entre as disciplinas que amedronta, tem índice de reprovação grande em relação as demais e muitas vezes não produz uma aprendizagem em que os conceitos fiquem realmente claro para a maioria dos estudantes. O indicador são os resultados de questionário aplicado pelos professores da escola, nos três últimos anos, para as três séries, abordando questões conceituais. Esta pesquisa está em andamento, mas já apresenta estes indicativos. Observa-se também uma reprovação média nos últimos anos próxima de 5% nesta disciplina. Os estudantes desta escola são oriundos de escolas públicas e privadas, sendo que nos últimos três anos, devido às políticas públicas de inclusão, existe um bônus de 20% no valor da nota do exame para ingresso, o que praticamente equipara o número de estudantes oriundos das escolas públicas e privadas.

As atividades foram elaboradas de forma a proporcionar um envolvimento do estudante e com uma abordagem experimental simultânea, as já tradicionais atividades experimentais existentes no laboratório da escola. Foram alvo para o nosso estudo, o ensino da física experimental da física na primeira série do ensino médio, durante dois anos consecutivos, 2016 e 2017, numa escola pública federal. Foi implementado o uso de recursos modernos e gratuitos disponíveis nesta nova abordagem de ensino. Os recursos são softwares livres e o uso de aparelhos *smartphones* e seus aplicativos no registro dos experimentos em vídeos. Durante as atividades, os vídeos eram estudados com a videoanálise utilizando o software livre Tracker.

Durante as atividades, sempre se teve em mente as ideias dos teóricos nos quais baseamos nossa pesquisa e que discutimos no capítulo dois desta dissertação. Sendo assim, buscamos elementos envolventes e que tivessem significados, conduzindo de forma participativa as atividades. Durante a condução, as conexões

que permitissem uma ancoragem com os conhecimentos anteriores sempre foram evidentes, observando as respostas em cada etapa e socializando os estudantes de forma que na participação promovessem a construção de conhecimento gradativamente, durante a realização das atividades.

Na escola que foi aplicada a pesquisa, a primeira série tem quatro turmas de quarenta estudantes cada, e o ensino da física é dividido em três aulas teóricas expositivas e uma experimental por semana, totalizando quatro aulas semanais. Nas aulas experimentais a turma de quarenta alunos é dividida em duas outras menores distribuídas em dois laboratórios, cada um deles com um professor, vinte alunos e normalmente tem a presença de estagiários. As atividades experimentais visam a complementação das atividades teóricas e melhor compreensão dos fenômenos, por ser conduzida de maneira mais participativa e com maior ênfase na metodologia investigativa.

No espaço das aulas experimentais, foram utilizados, além de experimentos em laboratórios, aulas na sala de informática, com um computador para cada dois ou três estudantes, simulações com programas interativos, o uso de filmagens de experimentos dinâmicos. Nos computadores com o software já previamente instalado, os estudantes executavam a tarefa de analisar cada etapa da atividade, de investigar cada etapa da filmagem, usando a videoanálise tendo o software Tracker (2017) como recurso digital.

O programa de videoanálise Tracker (2017) é a ferramenta principal para analisar a filmagem do experimento. Após a filmagem, os arquivos são inseridos pelos estudantes nos computadores para que realizem a videoanálise. Com o vídeo inserido na plataforma, o estudante é capaz de demarcar toda a trajetória de qualquer objeto macroscópico e observar as diversas variações que compõem esse deslocamento. Entre os recursos do Tracker, incluem rastreamento de objetos com sobreposição de posição, velocidade, aceleração e construção destes gráficos. Também é possível realizar ajustes de efeitos especiais, como a construção de imagens estroboscópicas e a sincronização de movimentos múltiplos, quadros de referência, pontos de calibração e perfis de linha para análise de espectros e padrões de interferência. Ele é projetado para ser usado em laboratórios de física universitários introdutórios e em palestras.

Utilizando os vídeos confeccionados pelos próprios estudantes, usando o telefone portátil para o registro de movimentos simples, podemos iniciar os estudos

de mecânica, analisando como variam posições, velocidade em função do tempo, analisar os gráficos e compreender as equações. Pode-se analisar movimentos reais de objetos que se deslocam no espaço, como a de queda de uma simples bola colorida, o movimento de um carro na rua, um avião ou até mesmo o estudo dinâmico de situações mais complexas como um pêndulo de Wilberforce. Usando câmeras de altas qualidades e o com o auxílio da plataforma, pode-se obter registro estroboscópico de diversos movimentos.

Para a produção deste trabalho o pesquisador participou com um caráter de espectador, observando os a maneira como os alunos trabalham em equipe e a maneira que trabalham seguindo a ajuda de um manual de apoio, já que a equipe de trabalho além do professor regente, contava também com a ajuda de Alunos-monitores, porém quando necessário o pesquisador assumia também um caráter de assistente, onde ajudava aos alunos a interpretar a situação problema ou até mesmo no manuseio do software Tracker.

### 3.2 AS ORIENTAÇÕES PARA AS ATIVIDADES

Durante as respectivas aulas de física, lecionadas pelo professor regente, os alunos eram direcionados ao laboratório onde, acompanhados de um manual de apoio, acrescidos de explicações iniciais da teoria e com a ajuda dos monitores, bolsistas e pesquisador, foram orientados a analisar diversos tipos de movimentos através da plataforma do Tracker. Ao mesmo tempo em que avançavam nas questões presentes no manual de apoio, com caráter avaliativo da aprendizagem, novas questões eram levantadas pelo professor e elucidadas de forma participativa, escutando cada resposta e reformulando as questões seguintes, de maneira reflexiva da atividade com objetivo de coletar informações para avançar nesta pesquisa.

Após a escolha do vídeo a ser analisado, temos que escolher o manual de apoio para o aluno, que deve ser confeccionado de acordo com as habilidades que serão o alvo principal a ser explorado, pois é sabido que a escolha de um manual de apoio para o aluno adequado é de vital importância para o desenvolvimento da atividade. No manual de apoio para a atividade, que foi construído de maneira semiaberta, utilizado no laboratório de informática (Apêndice) devem estar contidos os principais passos.

No ensino médio, como temos um tempo limitado para as atividades, num formato de grade de cinquenta minutos de aula, propor uma atividade que tenha um roteiro aberto é algo inviável. Orientações são necessárias e detalhadas, para que um outro professor possa repetir, simultaneamente ou futuramente a atividade. Desde a inserção do vídeo, a abertura do programa, maneira de inserir o vídeo e todas as ações que o aluno deve ter diante do computador, pois potencializando a parte técnica para poder explorar melhor as discussões finais que levam a elevação dos processos mentais e cognitivos.

É importante que durante as atividades, mesmo assumindo um certo conhecimento prévio em informática dos estudantes, você como professor deve distribuir os alunos com dificuldades em uso do computador, junto a outros que tenham maior domínio ou dar condições desses alunos com dificuldades a serem mais assistidos pelos monitores e professores.

O Tracker é capaz de substituir por pontos as posições sucessivas de uma marca feita no objeto, independente do instante de tempo do vídeo, ou seja, ele identifica um objeto como um ponto e irá gerar uma tabela que contenha as posições, velocidade e acelerações nas duas dimensões do plano no movimento em função do tempo, após uma calibração das dimensões do quadro com uma referência inserida no plano da filmagem. Será realizada uma varredura quadro a quadro na filmagem fazendo a análise dessa marca e escolhendo automaticamente a frequência em que foi realizada a filmagem.

Na elaboração das orientações para a execução das atividades, um roteiro de maneira semiaberta (BORGES, 2002), devem ser levado em consideração esses dados obtidos com a videoanálise e conduzir uma discussão dentro da teoria proposta pelo DELISOICOV (1994), separando a investigação científica em três etapas: (1) Problematização inicial, onde se faz as previsões; (2) Organização do conhecimento, a partir da observação busca o entendimento do fenômeno envolvido e (3) Aplicação do conhecimento, onde será usado o recurso da análise da filmagem para entender melhor o fenômeno e buscar explicação para o mesmo, abrindo a possibilidade de extrapolar para outras aplicações no seu cotidiano com formalismo literal e aplicações.

Assim, o questionamento, a discussão da resposta dada, o envolvimento com o experimento de forma descontraída e a construção do conhecimento são de fundamental importância para uma aprendizagem (DELISOICOV, 1994). Posteriormente, com o conhecimento gerado, pode-se comparar as equações obtidas

pela videoanálise com a equação contida nos livros didáticos e desta forma o aluno poderá interpretar melhor os fenômenos associando as equações ao evento físico.

Agora o aprendiz, no caso o aluno, já teve anteriormente uma aula com o conteúdo didático relevante para uma análise física do fenômeno, ou seja, traz consigo conhecimento prévio, como já exemplificado por AUSUBEL, assim os recursos utilizados são fundamentais para fazer a concessão com o conhecimento anterior.

No manual de apoio para o aluno devem ter informações básicas de como proceder para a análise do vídeo e também informações que levem o aluno a associar o conhecimento prévio com os dados adquiridos.

Já com estas informações em mãos, o professor deve então começar a aquisição dos dados e concomitantemente com a criação do manual de apoio para o aluno, com isso o professor tem condições de levar em consideração possíveis dificuldades que possam ser encontradas pelo aluno.

A assimilação e a acomodação dos conteúdos abordados pelo professor no laboratório de informática serão fatores necessários para que o aprendiz consiga ter um acréscimo de habilidades na sua estrutura cognitiva inicial. Como já foi analisado por Piaget, são práticas que influenciam para a Equilibração Majorante do aprendiz.

### 3.3 O MOVIMENTO HORIZONTAL DE UM CARRINHO À PILHA

Numa das primeiras atividades, quando se está iniciando o estudo da cinemática é proposto aos estudantes a filmagem e análise do movimento de um carrinho à pilha. Este movimento é estudado inicialmente de maneira simples, usando trena e cronômetro, para assim obter dados do movimento, como velocidade média e discutir aceleração, como já era de costume em anos anteriores. Com o advento dos recursos tecnológicos abundantes e presentes no cotidiano escolar, foi possível realizar o registro do movimento do carrinho e com os cuidados necessários para futura videoanálise, como marcação da escala do espaço e do plano do movimento.

Com um vídeo confeccionado pelos próprios alunos, e a confecção de um Manual de Apoio para a orientação da atividade conforme será apresentado no Apêndice, a equipe (Professor regente e monitores) prepararam-se para realizar a primeira atividade de videoanálise usando o Tracker. Nesta primeira atividade, além do conteúdo didático, era necessário dar uma fundamentação gradativa do uso das

ferramentas do software e tudo isso em uma aula. Portanto era necessário definir bem o que usaríamos de recursos do programa e como seria a sequência de aprendizagem, pois nas próximas atividades seria necessário este domínio básico. Esta atividade foi escolhida, por ser simples, necessitar de poucos recursos e possibilitar os avanços iniciais, sem perder a discussão da física envolvida.

Nesta atividade, além da introdução ao uso do Tracker, tivemos como objetivo principal, fazer a previsão, observar e explicar de maneira interativa como podemos extrair os dados de posição e tempo de objetos de uma maneira simples e objetiva. Utilizamos desse vídeo para extrair valores das posições e velocidade do carrinho ao longo de seu percurso e descobriremos que tipo de movimento é este.

### 3.4 CONTEUDO DIDÁTICO PREVIAMENTE VISTO PELO ALUNO

Para um melhor entendimento do aluno dentro da prática no laboratório de informática os alunos já devem ter tido acesso aos conteúdos didáticos referente aos tópicos Movimento Retilíneo e Uniforme (M.R.U) e Movimento Uniformemente Variado (M.U.V) propostos por Galileu.

Onde uma partícula em Movimento Retilíneo e Uniforme, tem como característica em seu movimento uma velocidade constante, sendo a velocidade a relação entre distância percorrida e o tempo de percurso.

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

Onde  $V$  é a velocidade,  $\Delta s$  é a variação da posição (ou distância percorrida), e  $\Delta t$  é o intervalo de tempo.

Já o movimento em que a partícula varia a velocidade uniformemente é conhecido como Movimento Uniformemente Variado tem como equações:

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$V = V_0 + a t$$

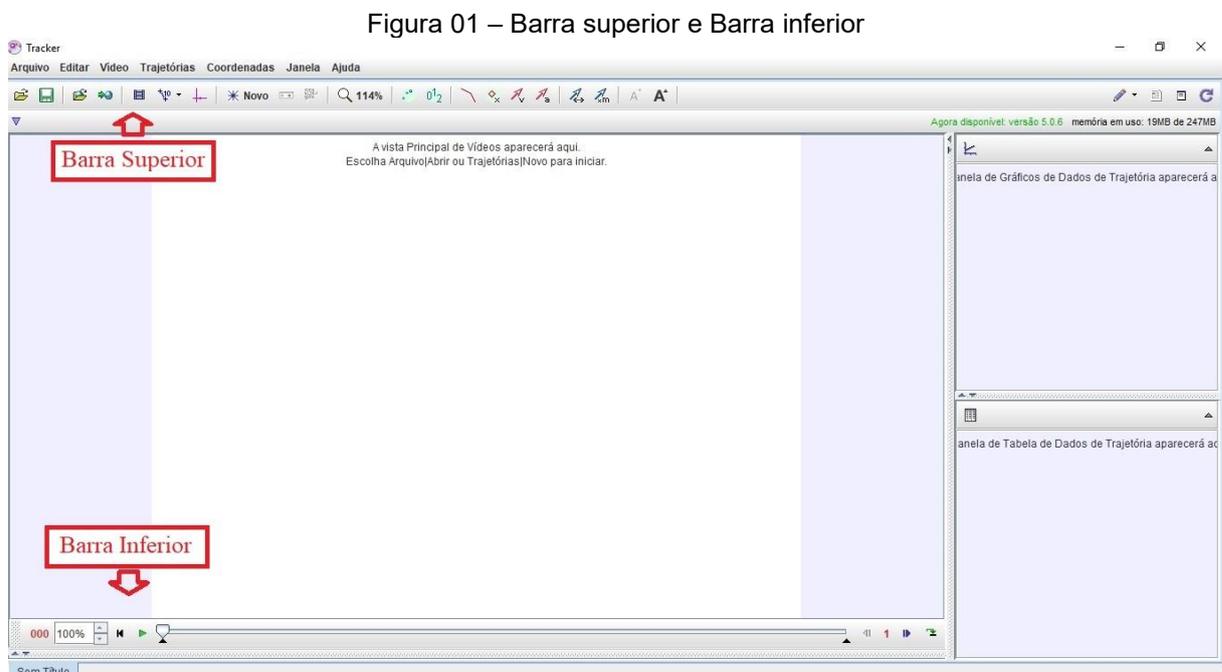
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Onde  $S$  é a posição final,  $S_0$  a posição inicial,  $\Delta s$  é a variação da posição (ou distância percorrida),  $V$  é a velocidade final  $V_0$ ,  $\Delta v$  é a variação da velocidade e  $\Delta t$  é o intervalo de tempo.

### 3.5 INICIANDO O USO DO SOFTWARE TRACKER

Na primeira aula, realizada no início do primeiro bimestre do ano letivo de uma turma do primeiro ano do ensino médio foi realizado o estudo introdutório da cinemática. Então o primeiro vídeo analisado foi o movimento na horizontal de um “carrinho à pilha”. Para a aquisição da posição do “carrinho à pilha” em cada instante, e extrair informações importantes deste movimento, foram realizados os seguintes passos:

Passo 1: Após a filmagem do experimento abrimos o software Tracker inserimos o vídeo a ser analisado. Na barra de tarefas, parte superior, clicamos no ícone abrir e localizamos o vídeo que queremos analisar. Podemos também ir na pasta onde contém o vídeo e arrasta-lo para a janela inicial do programa, Figura 01.



Fonte: O Autor (2019)

Passo 2: Na barra de ferramentas inferior, utilize a tecla *play* para conferir se foi selecionado o vídeo correto. Avance e recue, ele irá ser reproduzido de maneira

mais lenta que a filmagem e dependendo da configuração do computador pode ter uma descontinuidade na exibição da sequência, principalmente para vídeos com grande número de quadros.

Passo 3: Na barra de ferramentas pode-se realizar o corte do vídeo para seleção do trecho de análise utilizando o botão que marca o início e final do vídeo, o botão no formato de *triângulo Preto*. O número em vermelho, nesta barra inferior, representa o *frame* que está sendo reproduzido. Essa ferramenta é utilizada para que limitemos o intervalo do vídeo a ser analisado, evitando então uma aquisição de dados além do necessário o que implicaria em mais tempo de marcação de pontos, Figura 02.



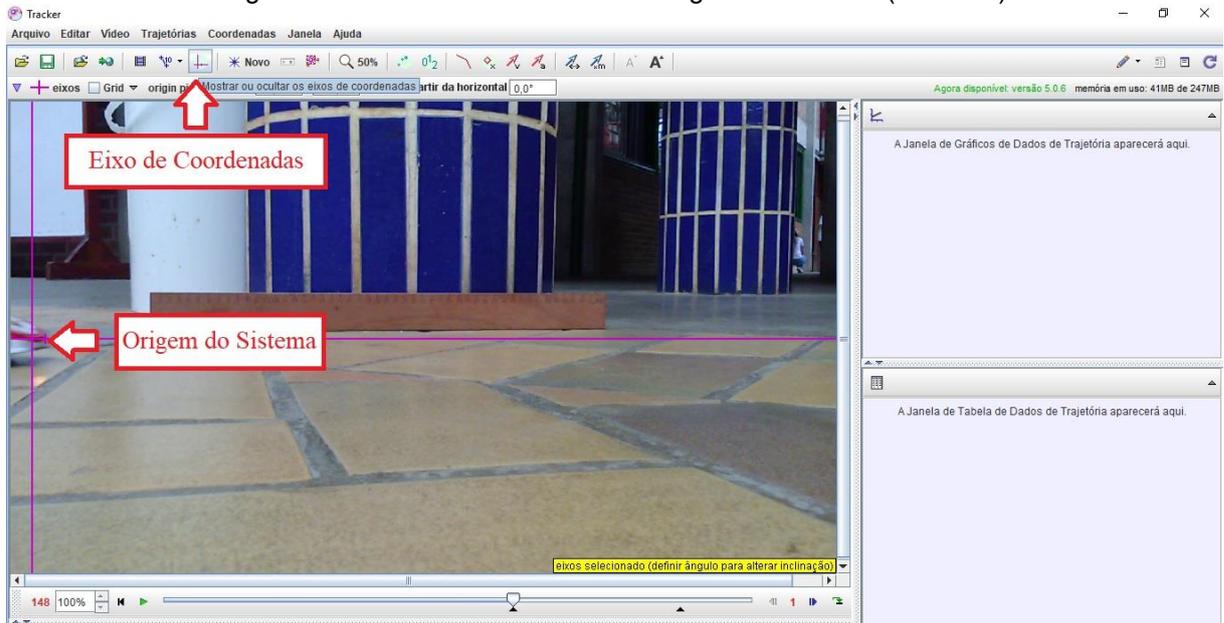
Fonte: O Autor (2019)

Passo 4: Na barra de ferramentas superior, click em eixo de coordenadas e defina a origem do sistema de coordenadas, Figura 03. Como nesse caso o vídeo analisado foi um movimento uniforme, então optamos por escolher a origem do sistema sendo o momento em que se é possível selecionar uma “parte em destaque”, um ponto marcado no objeto que será acompanhado durante o movimento do corpo será colocado como ponto de origem.

Passo 5: Na barra de ferramentas superior, vá em fita de calibração, Figura 04, para dimensionar o espaço do vídeo de acordo com a escala colocada no plano do movimento do objeto. Em alguns casos, quando não se tem uma escala, como por

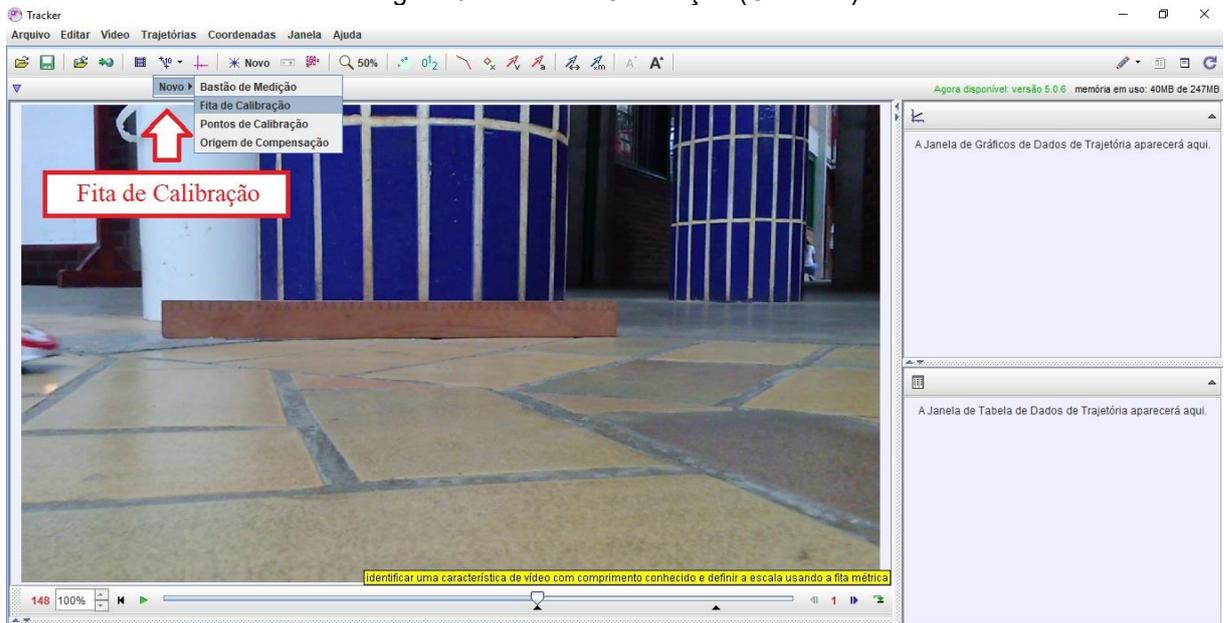
exemplo a filmagem de um avião deslocando no céu, as próprias dimensões do objeto, quando conhecidas, podem ser utilizadas durante a videoanálise. Nesse caso, utilizou-se uma régua de madeira de 50cm.

Figura 03 – Eixo de Coordenadas e Origem do sistema (Carrinho)



Fonte: O Autor (2019)

Figura 04 – Fita de Calibração (Carrinho)

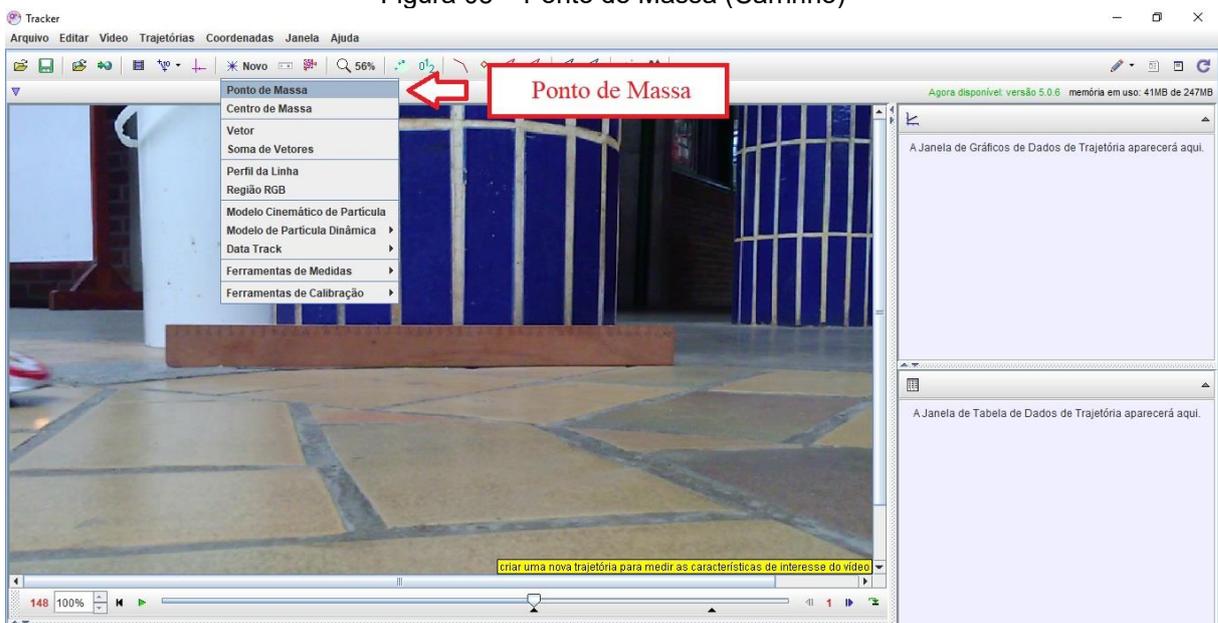


Fonte: O Autor (2019)

Passo 6: Para relacionar a posição do objeto com o tempo, vá na barra de ferramentas superior, clique em: TRAJETÓRIAS -> NOVO -> PONTO DE MASSA, Figura 05. Selecione um ponto que tenha um bom contraste durante a filmagem. Muitas vezes este ponto é colado no objeto antes de realizar a filmagem, para facilitar

a marcação, podendo esta marcação ser manual ou automática. Para uma marcação automática é necessário que o vídeo tenha uma boa qualidade durante todo o intervalo a ser analisado. A marcação manual é uma atividade experimental e foi observado que em diferentes grupos, obtém-se resultados próximos, mas com diferenças nos valores da posição inicial e nos dados médios obtidos, como velocidade, aceleração entre outros. Feita a escolha do ponto, segurando a tecla SHIFT do computador e clicando com o cursor sobre este ponto, inicia-se a coleta dos dados. A cada clique é feita a marcação do ponto que aparece no gráfico do lado direito do ambiente de trabalho do Tracker. Este gráfico pode ser escolhido as coordenadas e pode ser modificado durante o trabalho. A cada clique a marcação avança para o próximo *frame*, sendo possível também escolher se será um salto ou outras quantidades de salto a cada clique na barra de ferramenta inferior clicando no número vermelho da direita.

Figura 05 – Ponto de Massa (Carrinho)



Fonte: O Autor (2019)

Passo 7: Quando o vídeo analisado tem uma boa resolução, pode-se utilizar então as teclas: Ctrl + Shift, selecionando a região a ser acompanhada e realizar uma marcação automática, Figura 06. Ao clicar em próximo o programa já vai deslocando o motivo selecionado e encontrando a nova posição. Caso a filmagem não tenha uma boa resolução utilizar-se então apenas a tecla Shift, clicando com o mouse e

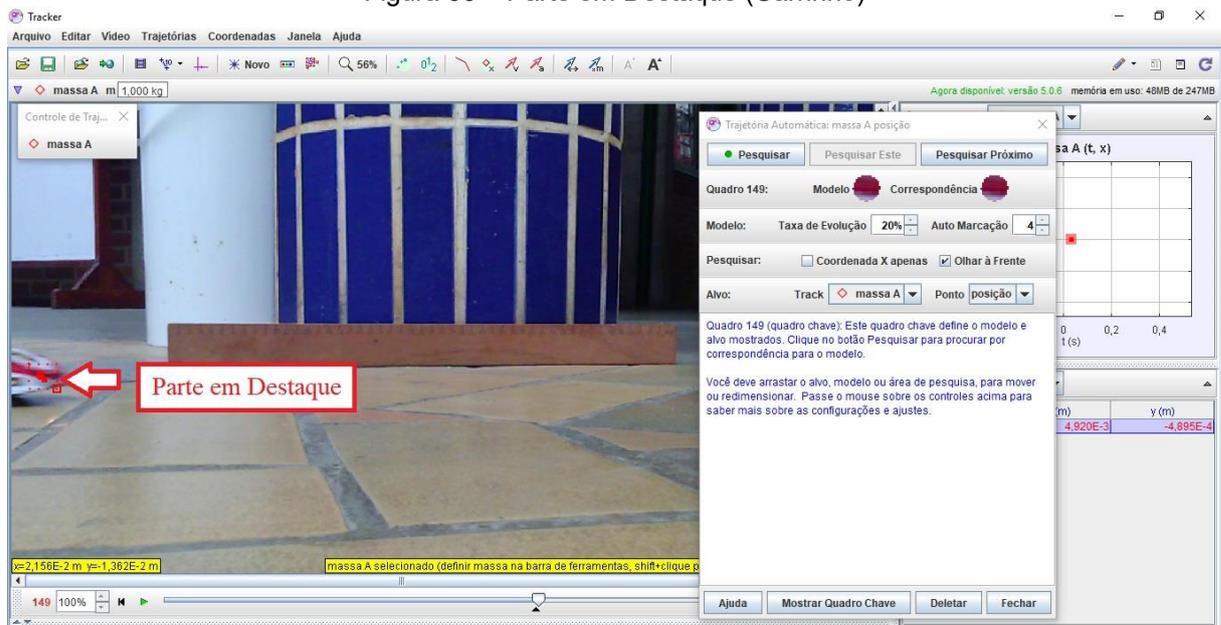
selecionando a nova posição sucessivamente até esgotar a região delimitada da filmagem, onde se deseja estudar.

Passo 8: Clique em pesquisar para iniciar a busca automática. Podemos observar no canto direito superior da tela, que os pontos adquiridos já começam a se ordenar de modo em que seus pontos formem um gráfico.

Passo 9: Quando terminar a análise dos pontos necessários clique em PARAR, depois clique em FECHAR.

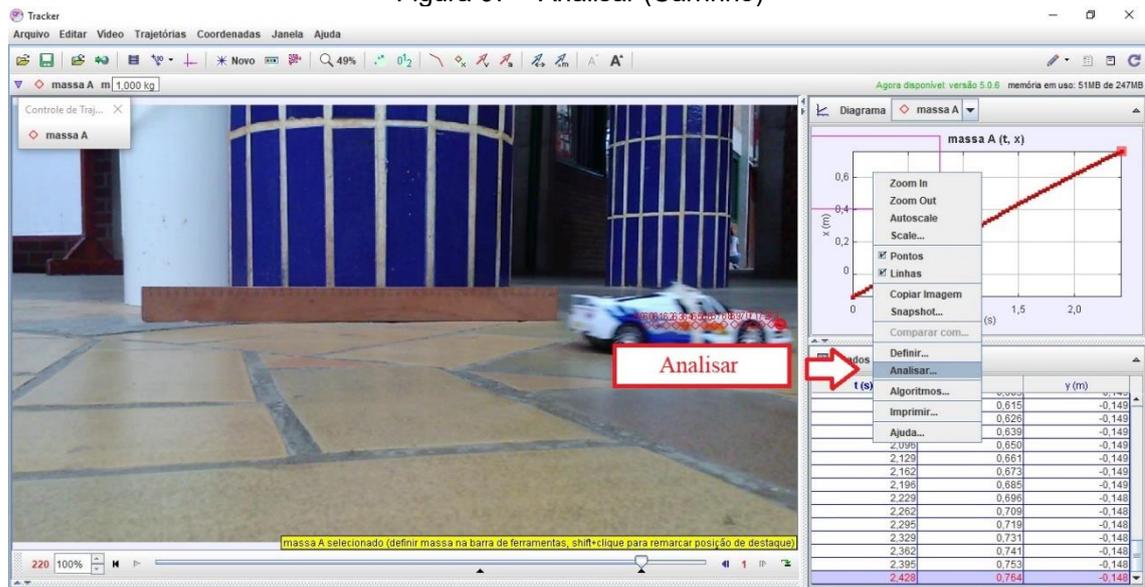
Passo 10: Agora que os dados da filmagem foram coletados, certifique-se que a escala do gráfico gerado está em X “componente x da posição” para obtermos o gráfico da posição em relação ao tempo e então clique duas vezes rapidamente com o botão direito do mouse no gráfico e vá em ANALISAR, Figura 07

Figura 06 – Parte em Destaque (Carrinho)



Fonte: O Autor (2019)

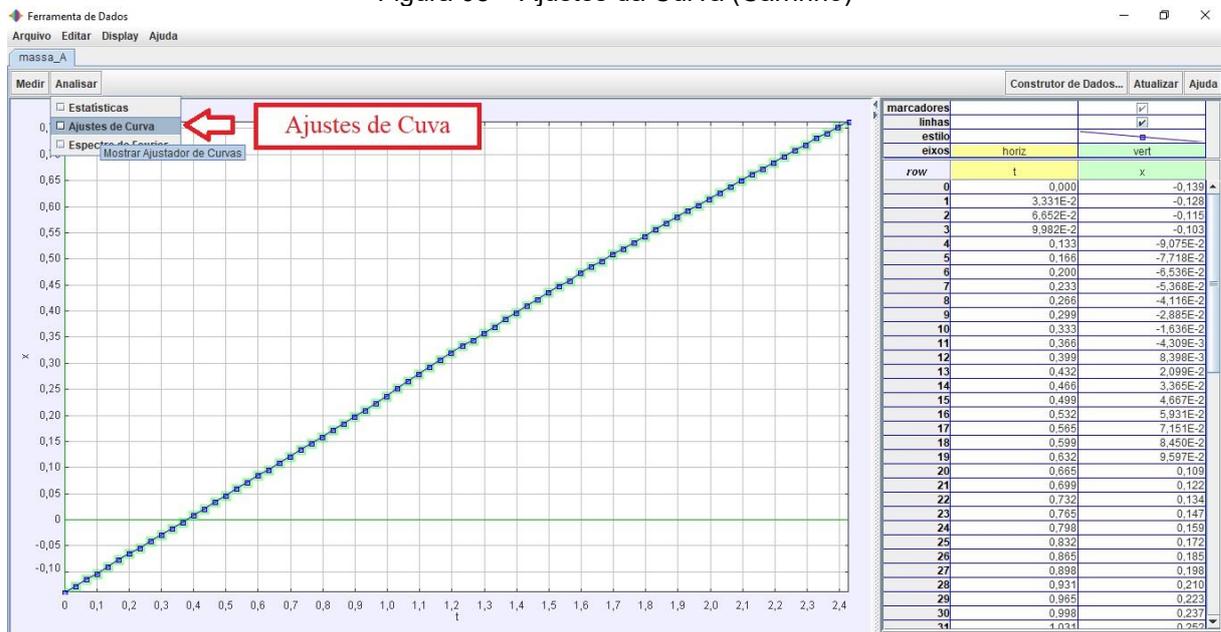
Figura 07 – Analisar (Carrinho)



Fonte: O Autor (2019)

Passo 11: Na janela que foi aberta, clique em “Analisar” -> ‘Ajustes de curva’, Figura 08 para escolher uma curva “equação” baseado no gráfico obtido.

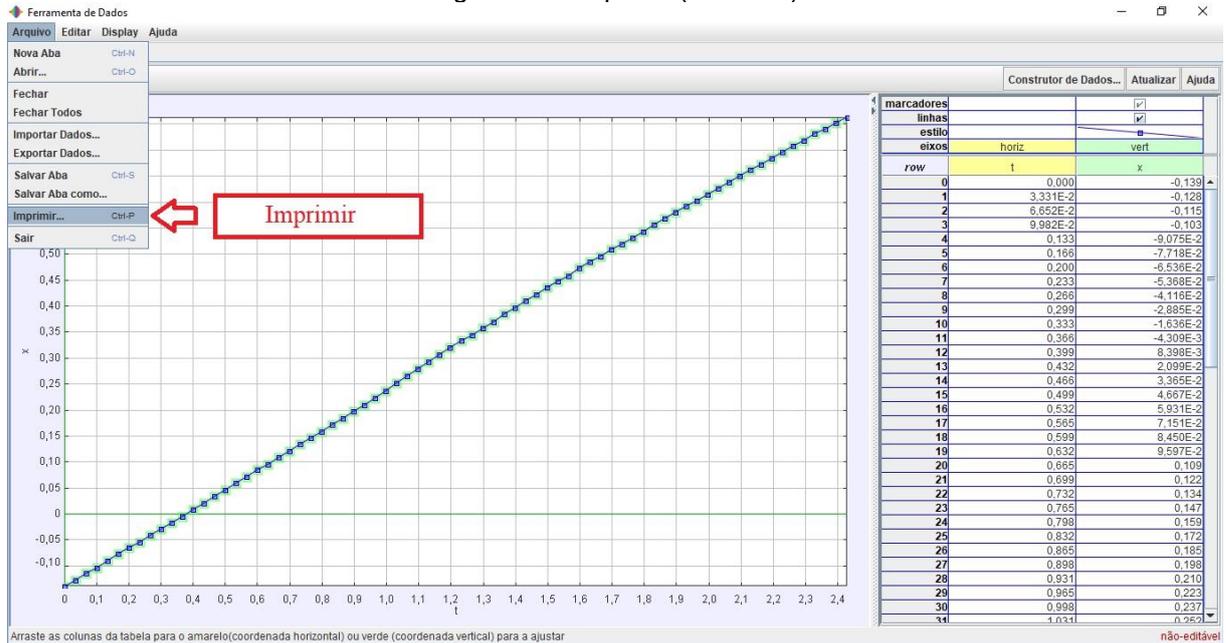
Figura 08 – Ajustes da Curva (Carrinho)



Fonte: O Autor (2019)

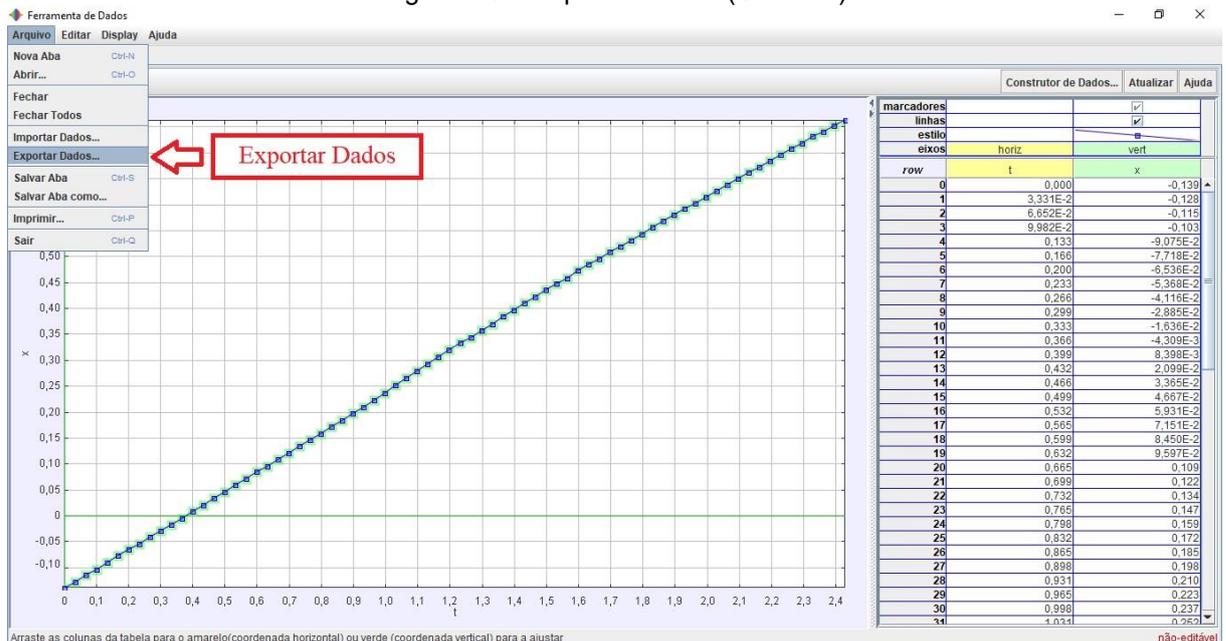
Passo 12: Dentro da própria janela da curva obtida vá em “Arquivo” -> “Imprimir”, Figura 09, para salvar a imagem da curva. Depois vá em “Arquivo” -> “Exportar Dados”, Figura 10, para salvar os dados obtidos caso queira analisá-los em outros programas de análise de gráficos.

Figura 09 – Imprimir (Carrinho)



Fonte: O Autor (2019)

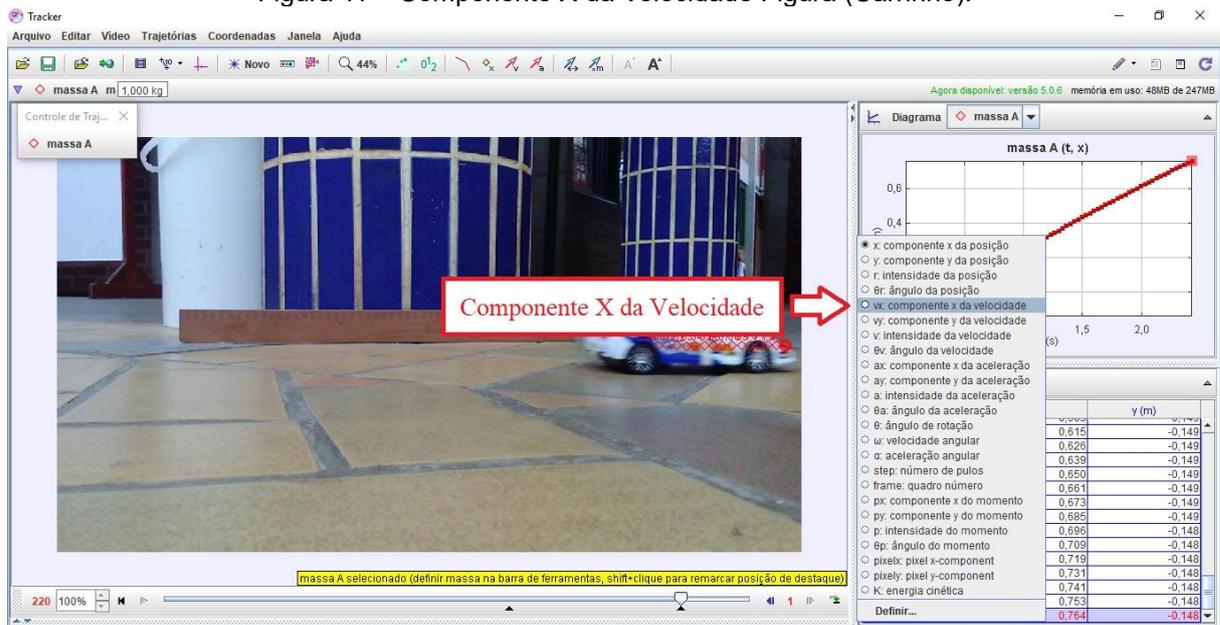
Figura 10 – Exportar Dados (Carrinho)



Fonte: O Autor (2019)

Passo 13: Feche a janela do gráfico “Ferramenta de Dados” e vá para a janela principal do tracker e mude o valor da escala no gráfico de X (componente x da posição) para Vx (componente x da velocidade), Figura 11. Para obtermos o gráfico da velocidade do objeto em relação ao tempo.

Figura 11 – Componente X da Velocidade Figura (Carrinho).



Fonte: O Autor (2019)

Passo 14: Clique com o botão direito no gráfico gerado e vá em: Na janela que foi aberta clique vá em: Analisar, justamente como foi feito no passo 10.

Passo 15: Na janela que foi aberta clique em: "Analisar" -> "Ajustes de curva", para escolher uma curva "equação" baseada no novo gráfico obtido, justamente como foi feito no passo 11.

Passo 16: Altere a cor dos pontos para um melhor contraste.

Passo 19: Dentro da própria janela da curva obtida, assim como no Passo 12, vá em: "Arquivo" -> "Imprimir" pra salvar a imagem da curva ou em "Arquivo" -> "Exportar Dados" para salvar os dados obtidos ou caso queira analisá-los em outros programas de análise de gráficos

### 3.6 OUTROS RECURSOS

Este procedimento de uso do Tracker é para um primeiro contato, o programa tem muitos recursos e pode ser usado nos outros experimentos propostos. Realizamos diversos experimentos de mecânica e entre eles:

- 1) Movimento Uniforme
- 2) Movimento Uniformemente Variado
- 3) Movimento de queda de uma bolinha
- 4) Lançamento horizontal

- 5) Lançamento Oblíquo
- 6) Colisão inelástica

Na atividade de lançamento horizontal foram realizadas filmagens com dois lançamentos diferentes, ou seja, com duas velocidades iniciais distintas. Com estes vídeos questões foram levantadas e uma discussão das imagens estroboscópicas obtidas permitiram discutir o tempo de queda, como pode ser observado nas figuras a figura 12-15. As imagens estroboscópicas permitem os alunos observarem o número de quadros desde que a bolinha sai da calha até chegar ao chão e gera uma discussão rica sobre o tempo de queda para lançamentos distintos, porém de uma mesma altura, colaborando para quebrar conceitos intuitivos e gerando uma aprendizagem alavancada pela observação, discussão e explicação numa interação social agradável e construtiva.

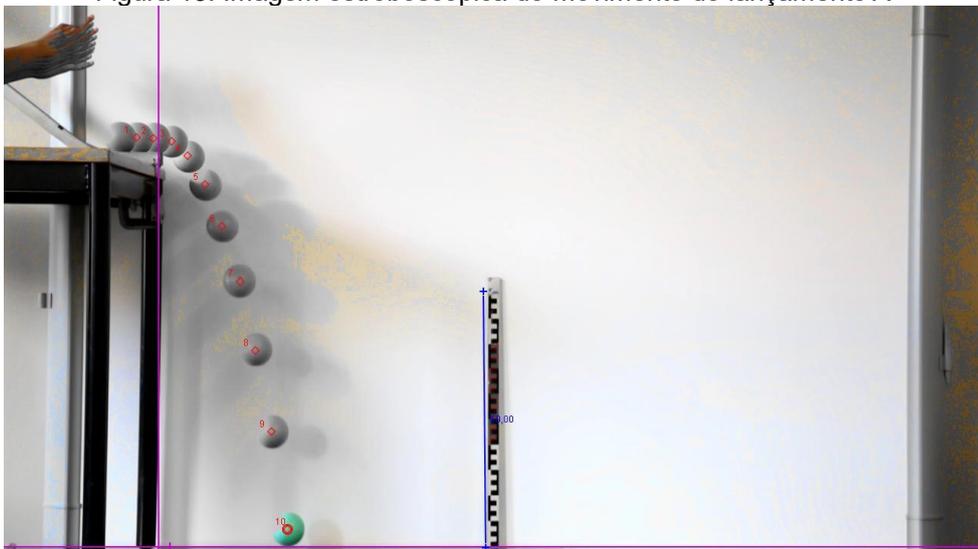
Veja que nos dois lançamentos da Figura12 e Figura 14, o alcance dos primeiros toques ao chão são distintos, levando a uma análise da velocidade inicial. Tudo isto pode ser extraído da videoanálise e com as imagens, Figura 13 e Figura 15, também obtidas com o Tracker podem observar os quadros desde o tempo que sai da calha até alcançar o chão, permitindo gerar discussão e explicação do observado.

Figura 12 Primeiro lançamento horizontal, com velocidade A.



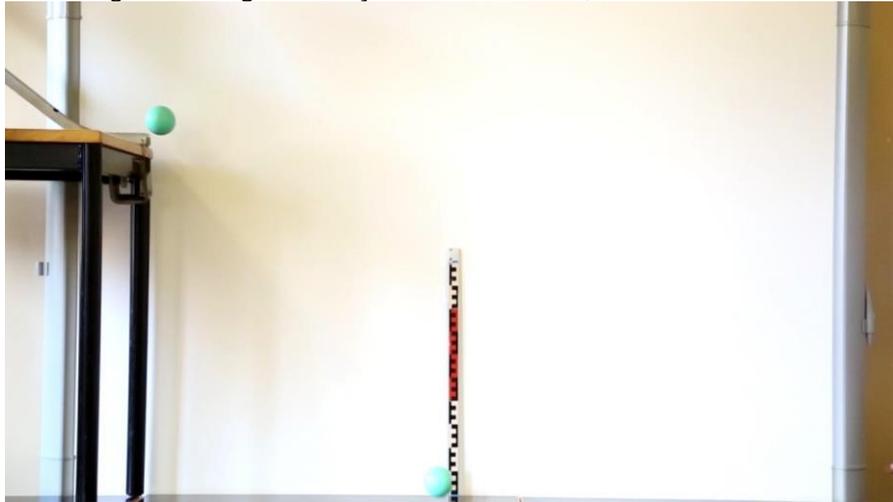
Fonte: Os Autores (2019)

Figura 13. Imagem estroboscópica do movimento do lançamento A



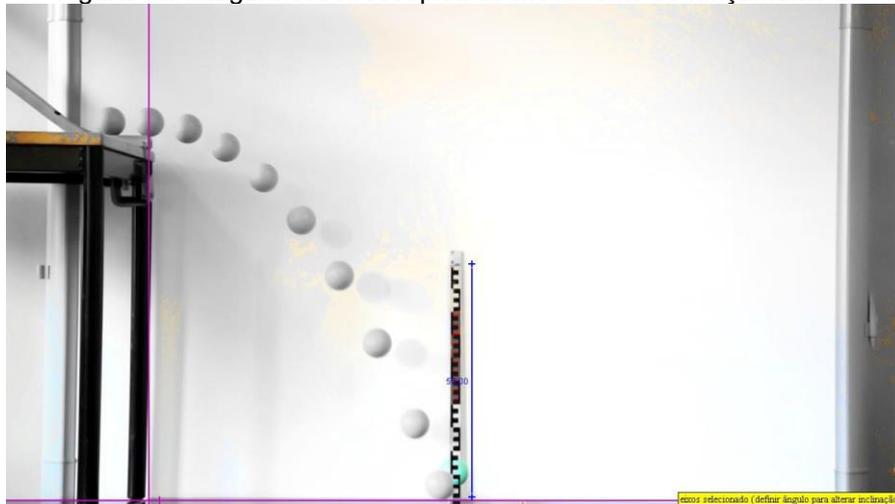
Fonte: Os Autores (2019)

Figura 14 Segundo lançamento horizontal, com velocidade B.



Fonte: Os Autores (2019)

Figura 15. Imagem estroboscópica do movimento do lançamento B



Fonte: Os Autores (2019)

Para cada uma destas atividades, procuramos fazer abordagens que valorizassem a discussão entre os pares, trabalhando em grupos pequenos, levantando questões que constavam no manual de orientações para direcionar a atividade, num formato de roteiro semiaberto. Procuramos sempre instigar as respostas dos alunos e reestruturar o questionamento quando não obtínhamos uma resposta.

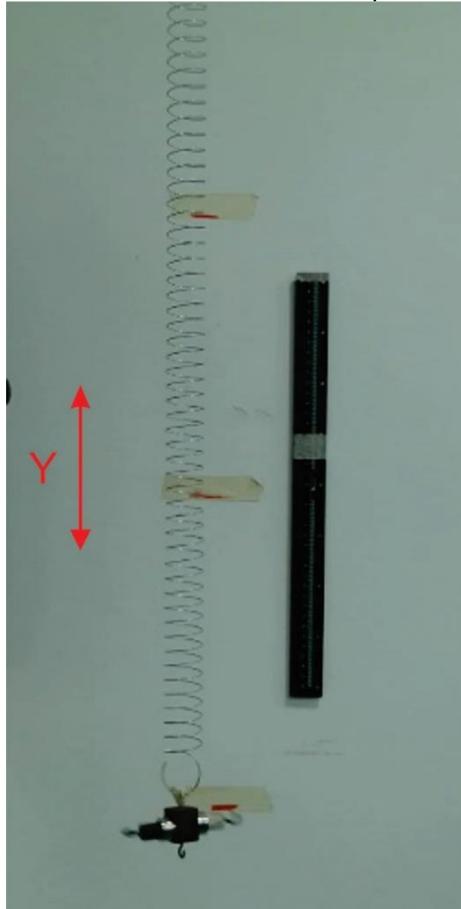
## **4 UTILIZAÇÃO DO TRACKER PARA A ANÁLISE DO PÊNULO DE WILBERFORCE**

### **4.1 DESCRIÇÃO DO PÊNULO DE WILBERFORCE**

Neste capítulo iremos abordar os movimentos do pêndulo de Wilberforce e analisá-lo usando a videoanálise. Este estudo é um aprofundamento do uso do Tracker e seus recursos para o estudo da física de sistemas mais complexos. Este estudo não teve uma aplicação direta no ensino médio, mas foi uma forma de avançar no estudo deste recurso para a aprendizagem de física. Poderemos usar os resultados deste estudo para exemplificar como o Tracker pode substituir sensores e outros equipamentos caros para estudar muitos experimentos da física.

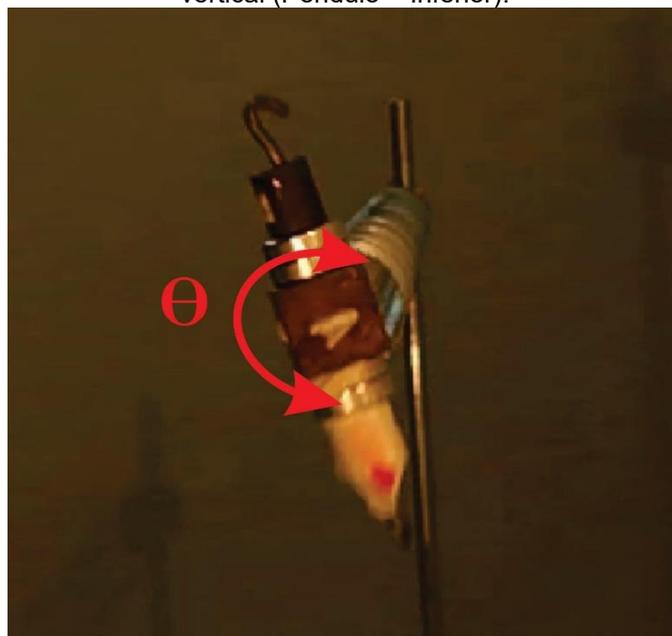
Para o pêndulo de Wilberforce, vamos considerar um corpo rígido preso a uma mola que, ao ser abandonado de uma altura, irá produzir dois principais movimentos a serem considerados. Um movimento oscilatório na vertical e um movimento de rotação desse corpo rígido num plano perpendicular ao vertical, como pode ser visto, respectivamente, nas figuras 16 e 17, a seguir.

Figura 16 – Visão do Movimento oscilatório translacional do pêndulo na direção vertical Y, Frontal.



Fonte: O Autor (2019)

Figura 17 – Visão do Movimento Oscilatório de Rotação do Pêndulo num plano perpendicular a vertical (Pêndulo – Inferior).



Fonte: O Autor (2019)

Além destes movimentos principais, surge também um pequeno movimento pendular indesejável, provocando um deslocamento do oscilatório do eixo de rotação. Ao longo desse trabalho, ficará claro como resolvermos este problema da oscilação fora do eixo, a solução ficará evidente entre o Passo 5 e o Passo 7 do estudo feito com o vídeo do plano perpendicular ao eixo Y, Visão Inferior.

Este pêndulo é interessante de se estudar, pois é um pêndulo em que os seus movimentos principais são acompanhados de um batimento amortecido, neste estudo trataremos a possibilidade de observar os batimentos envolvidos na oscilação vertical e a rotação do corpo rígido.

#### 4.2. AS EQUAÇÕES DE ENERGIA DO PÊNDULO DE WILBERFORCE (WF)

Numa breve análise, vamos considerar a energia total do sistema sendo as energias: Energia cinética de translação do corpo rígido ( $K_t$ ), Energia cinética de rotação do corpo rígido ( $K_r$ ), Energia potencial translacional elástica da mola ( $U_t$ ) e Energia potencial rotacional da mola ( $U_r$ ).

As energias cinéticas são dadas pelas seguintes equações:

Energia cinética de translação do corpo rígido ( $K_t$ ):

$$K_t = \frac{mv^2}{2}$$

Em que  $m$  é a massa do conjunto (corpo rígido + mola) e  $v$  é a velocidade do conjunto.

Energia cinética de rotação do corpo rígido ( $K_r$ ):

$$K_r = \frac{I\omega^2}{2}$$

Em que  $I$  é o momento de inércia do corpo rígido e  $\omega$  é a velocidade angular da torção no corpo rígido.

Temos que a energia potencial elástica é armazenada, pois quando a mola está comprimida quer dizer que ela tem uma energia potencial, então ela pode se esticar, exercer uma força e com isso realizar trabalho. Também observamos uma energia potencial similar associada à elasticidade de torção da mola. Quando torcemos a mola ela tem capacidade de se destorcer exercendo força e realizando trabalho também.

As energias potenciais elásticas são dadas pelas equações abaixo:

Energia potencial translacional elástica da mola ( $U_t$ ):

$$U_t = \frac{Kx^2}{2}$$

Em que  $K$  é a constante elástica de translação da mola e o  $x$  é o deslocamento na vertical do corpo rígido em relação sua posição de equilíbrio.

Energia potencial rotacional da mola ( $U_r$ ).

$$U_r = \frac{\delta\theta^2}{2}$$

Em que  $\delta$  é a constante elástica de rotação da mola e  $\theta$  é o deslocamento angular do corpo rígido em relação ao seu centro de rotação.

Vamos desconsiderar perdas de energia por atrito, então temos que a energia total do sistema é a soma de todas as energias envolvidas no sistema:

$$E = Kt + Kr + U_t + U_r$$

Então:

$$E = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} + \frac{Kx^2}{2} + \frac{\delta\theta^2}{2}$$

Ao colocar o peso sobre a mola ela vai se esticar um pouco e ficará em equilíbrio em certo ponto será o ponto de equilíbrio da mola, ou seja, nesse ponto temos o  $x = 0$ . Temos também uma posição de equilíbrio e referência para a torção que será o  $\theta = 0$ . Nesses pontos determinamos com as equações  $U_t$  e  $U_r$  que as energias potenciais elásticas são nulas.

Também vamos considerar o momento em que o peso passa por  $x = 0$ . Teremos que a energia potencial elástica nesse caso será nula e toda a energia do sistema estará na forma de movimento translacional. Com isso podemos obter a velocidade máxima obtida no movimento

$$E = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} + \frac{Kx^2}{2} + \frac{\delta\theta^2}{2}$$

$$E = \frac{mv^2}{2} + 0 + 0 + 0$$

$$E = \frac{m}{2}(V_{\max})^2 \Rightarrow V_{\max} = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

Continuaremos a observar a primeira oscilação, onde no ponto de maior distensão da mola teremos a velocidade de translação zero  $v=0$  m/s e ainda podemos desconsiderar as energias de rotação  $Kr$  e  $Ur$ .

$$E = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} + \frac{Kx^2}{2} + \frac{\delta\theta^2}{2}$$

$$E = 0 + 0 + \frac{Kx^2}{2} + 0$$

$$E = \frac{K}{2}(X_{\max})^2 \Rightarrow X_{\max} = \sqrt{\frac{2E}{K}}$$

Temos que o momento de inércia ( $I$ ) é o equivalente da massa nos movimentos translacionais para o movimento de rotação. É muito mais fácil girar um carrossel cheio de crianças no parquinho do que cheia de adultos, além da diferença de massa também é importante sabermos a distribuição dela em relação ao eixo de rotação. Quanto mais perto do eixo está a massa, menor é a dificuldade que ela impõe ao giro. É o caso de um patinador se encolher para girar mais rápido ou estender os braços e pernas para girar mais devagar.

Este é um experimento onde foi filmado em duas direções diferentes e perpendiculares entre si, para se obter as oscilações translacional e rotacional, filmando perpendicular e paralelamente a direção  $Y$  apresentada na figura 16, respectivamente.

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA DO PÊNDULO WF

Ao pendurarmos massas diferentes em uma mola, esta tem deformações diferentes, como descreve a lei de Hooke para deformações em molas elásticas. Antes de realizar o experimento utilizamos massas diferente para determinar a constante elástica da mola.

$$F_{elast} = K.x, \text{ onde } K \text{ é a constante elástica da mola e } x \text{ a deformação da mola.}$$

Foram utilizados 4 objetos de massas diferentes, o objeto 1 de massa  $m_1=0,052$  kg, o objeto 2 de massa  $m_2 = 0,105$  Kg, o objeto 3 de massa  $m_3=0,157$  kg. e o objeto 4 de massa  $m_4 = 0,206$  kg.

Realizamos 3 medidas diferentes, que nos deu a distensão da mola em relação a massa colocada presa a mola. Conforme podemos observar na tabela

Tabela 1 – Relação entre Distensão da Mola e Massa

Massa Presa a Mola (Kg)		Distensão x da Mola (m)		
		Medida 1	Medida 2	Medida 3
m1	0,052	0,234	0,235	0,230
m2	0,105	0,513	0,508	0,502
m3	0,157	0,782	0,778	0,770
m4	0,206	1,045	1,030	1,017

Fonte: O autor (2019)

Com os dados obtidos e descritos na tabela 1, determinou-se a força aplicada em cada situação adotando um valor de  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup> e aplicando a lei de Hooke, determinou-se o valor de  $K$  é a constante elástica da mola e  $X$  é a distensão sofrida pela mola.

Na medida 1:

Temos após realizar a medida de  $K$  para cada massa temos que para  $m_1$  obtemos um valor de  $K_{1,1}=2,21$  N/m, para  $m_2$  obtemos um  $K_{1,2}=2,02$  N/m, para  $m_3$  obtemos um  $K_{1,3}=1,97$  N/m e para  $m_4$  obtemos um  $K_{1,4} = 1,93$  N/m que ao tirarmos a média aritmética desses valores obtemos de  $K$  médio  $K_1=2,03$  N/m.

Na medida 2:

Temos após realizar a medida de  $K$  para cada massa temos que para  $m_1$  obtemos um valor de  $K_{2,1} = 2,20$  N/m, para  $m_2$  temos um  $K_{2,2} = 2,04$  N/m, para  $m_3$  obtemos um  $K_{2,3}=1,98$  N/m e para  $m_4$  obtemos um  $K_{2,4}=1,96$  N/m que ao tirarmos a média aritmética desses valores obtemos de  $K$  médio  $K_2=2,04$  N/m.

Na medida 3:

Temos após realizar a medida de  $K$  para cada massa temos que para  $m_1$  obtemos um valor de  $K_{3,1}=2,25$  N/m, para  $m_2$  temos um  $K_{3,2}=2,06$  N/m, para  $m_3$  obtemos um  $K_{3,3}=2,00$  N/m e para  $m_4$  obtemos um  $K_{3,4}=1,99$  N/m que ao tirarmos a média aritmética desses valores obtemos de  $K$  médio  $K_3=2,07$  N/m.

A constante elástica  $K$  será considerada a média aritmética entre as constantes obtidas nas medidas 1,2 e 3.  $K = (K_1+K_2+K_3)/3$ , então obteve-se  $K = 2,05$  N/m como constante elástica média.

#### 4.4 ANÁLISE DO MOVIMENTO DO PÊNDBULO WF

Colocamos para oscilar um “corpo rígido” de massa 0,153 Kg, acoplado a uma mola metálica de constante elástica  $K = 2,05$  N/m, abandonando-o de uma altura  $X$  de 0,4 m em relação a posição de equilíbrio. Foi observado que o pêndulo WF apresentou dois movimentos característicos e um movimento indesejado. Um dos movimentos característicos é o movimento de translação na direção vertical  $Y$  (Figura 12) e o outro é o movimento de rotação, num plano perpendicular à direção  $Y$  (Figura 13). Ambos devem apresentar seus movimentos caracterizados por um batimento amortecido. Observa-se também um movimento indesejado por um movimento fora de seu eixo de rotação.

Com o auxílio do Tracker iremos eliminar essa interferência do movimento indesejado e obtermos os dados da posição do corpo rígido em relação ao tempo e do ângulo de rotação do corpo rígido em relação ao tempo.

Então utilizamos desse vídeo para extrair dados de posição do movimento vertical (filmado com uma visão frontal) e do ângulo rotação (filmado com uma visão inferior).

#### 4.5 COMPORTAMENTO DAS OSCILAÇÕES TRANSLACIONAIS (DIREÇÃO $Y$ )

Analisando o movimento vertical de oscilação, denominado de oscilação transversal, temos o comportamento temporal das posições sucessivas de um ponto no pêndulo WF. Para realizar este estudo, foi realizado uma filmagem do movimento na direção de translação do corpo rígido. A análise será feita de uma maneira a observar o movimento na vertical do “corpo rígido”, Figura 16. Foi realizado filmagem com a câmara focando no plano  $Y$ .

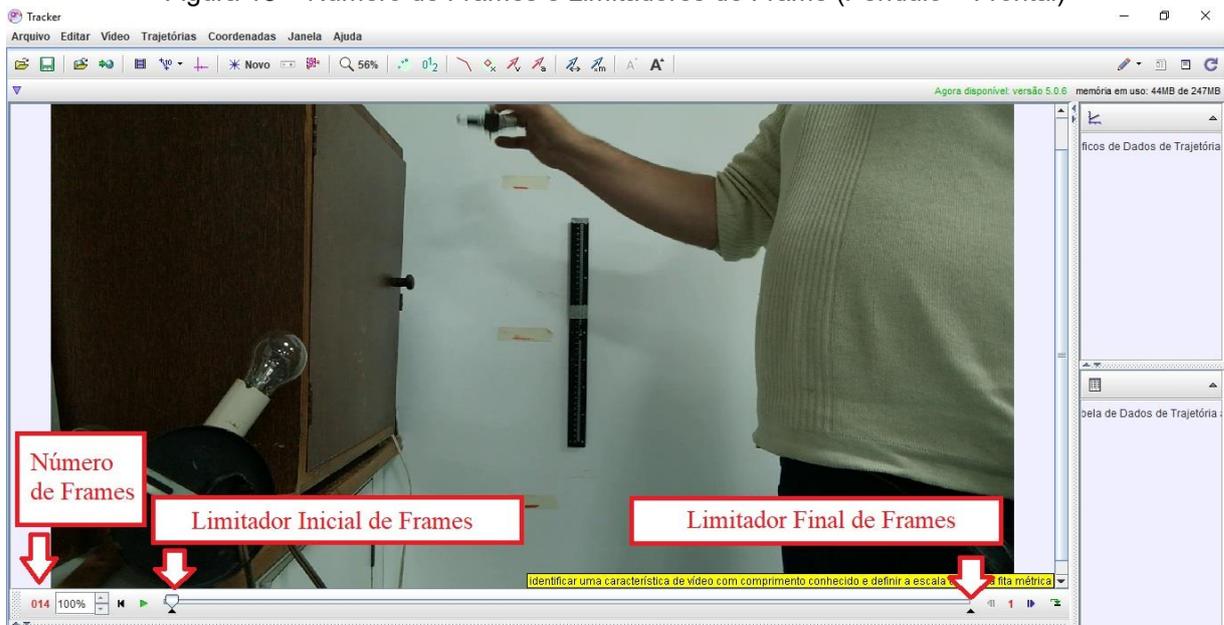
Passo 1: Vamos inserir o vídeo a ser analisado. Na barra de tarefas superior, clicamos no ícone abrir e localizamos o vídeo que queremos analisar. Podemos

também, com o Tracker já aberto, ir na pasta onde contém o vídeo e arrastá-lo para a janela principal do programa, Figura 01.

Passo 2: Na barra de ferramentas inferior, reproduza o vídeo para conferir se foi selecionado o vídeo desejado.

Passo 3: Na barra de ferramentas inferior, realize os cortes no filme. Para isso utilize o que seleciona o frame como inicial, primeiro triângulo preto e o *frame* final no segundo. Esta seleção pode ser feita também, parando o filme na posição que se deseja iniciar e como mouse sobre o cursor, clica-se com o botão direito do mouse e seleciona como *frame* inicial, podendo fazer o mesmo com o *frame* final. Como já explicado, temos que selecionar da filmagem a melhor parte para que se obtenha resultados melhores e em tempo suficiente, Figura 18.

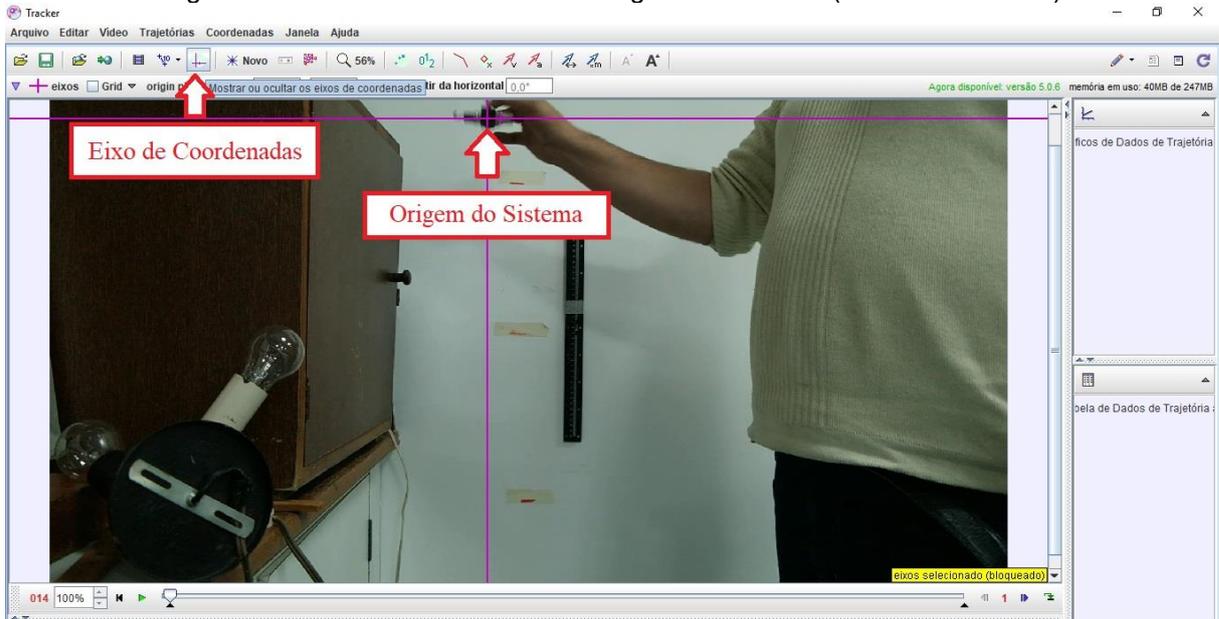
Figura 18 – Número de Frames e Limitadores de Frame (Pêndulo – Frontal)



Fonte: O autor (2019)

Passo 4: Na barra de ferramentas superior, click em eixo de coordenadas e defina a origem do sistema de coordenadas, Figura 19. Um ponto de destaque é selecionado e marcado no vídeo e será utilizado na análise nos passos seguintes.

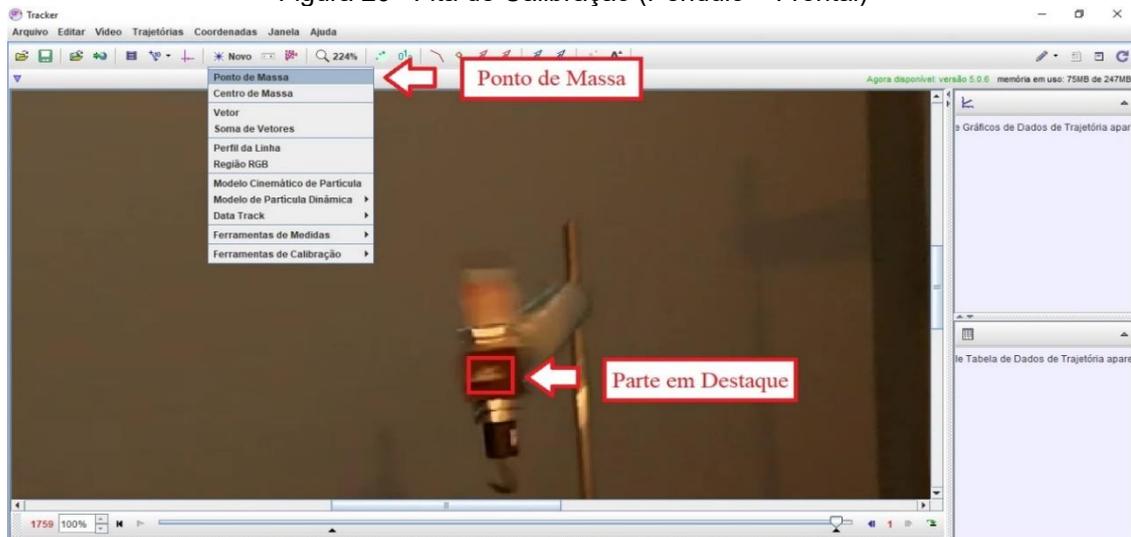
Figura 19 – Eixo de Coordenadas e Origem do Sistema (Pêndulo – Frontal)



Fonte: O Autor (2019)

Passo 5: Na barra de ferramentas superior, vá em fita de calibração, como está representado na Figura 20, para ajustar a escala do vídeo. Utilizamos um objeto no plano do movimento e com dimensões conhecidas, com a unidade de medida em metros, nesse caso utilizamos uma régua afixada na parede.

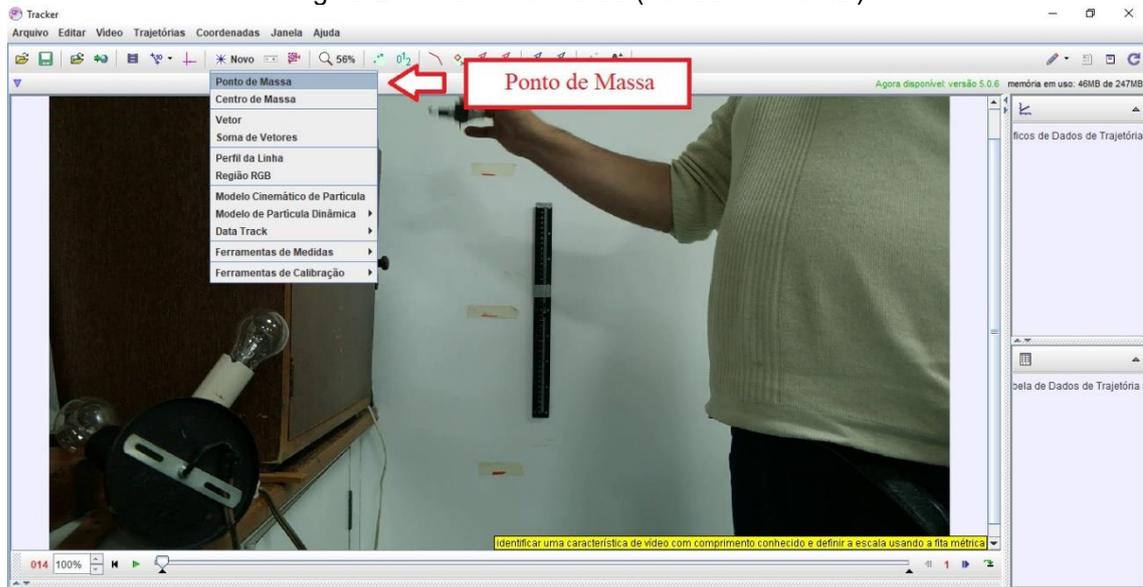
Figura 20– Fita de Calibração (Pêndulo – Frontal)



Fonte: O Autor (2019)

Passo 6: Na barra de ferramentas superior, click em: NOVO -> Ponto de Massa, Figura 21, para relacionar a posição do objeto com o tempo. Nesse passo começamos o processo de aquisição de dados desse vídeo.

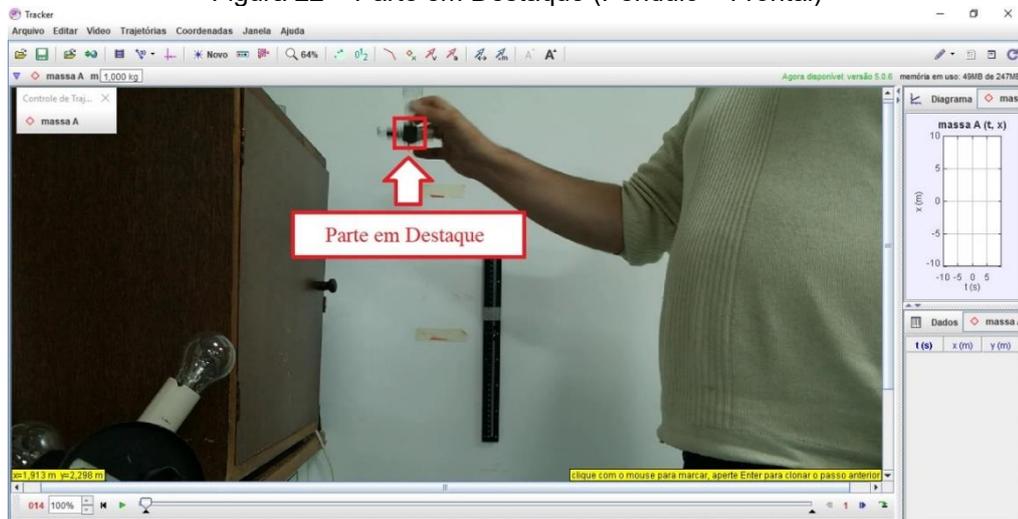
Figura 21 – Ponto de Massa (Pêndulo – Frontal)



Fonte: O Autor (2019)

Passo 7: Como nesse caso o vídeo analisado não tinha uma resolução excelente, temos então de utilizar então apenas a tecla: Shift sobre uma “parte em destaque” que deseja analisar, Figura 22. Temos que ir realizando clicks sucessivos no ponto marcado, “parte em destaque”, até o termino do intervalo de vídeo a ser analisado.

Figura 22 – Parte em Destaque (Pêndulo – Frontal)

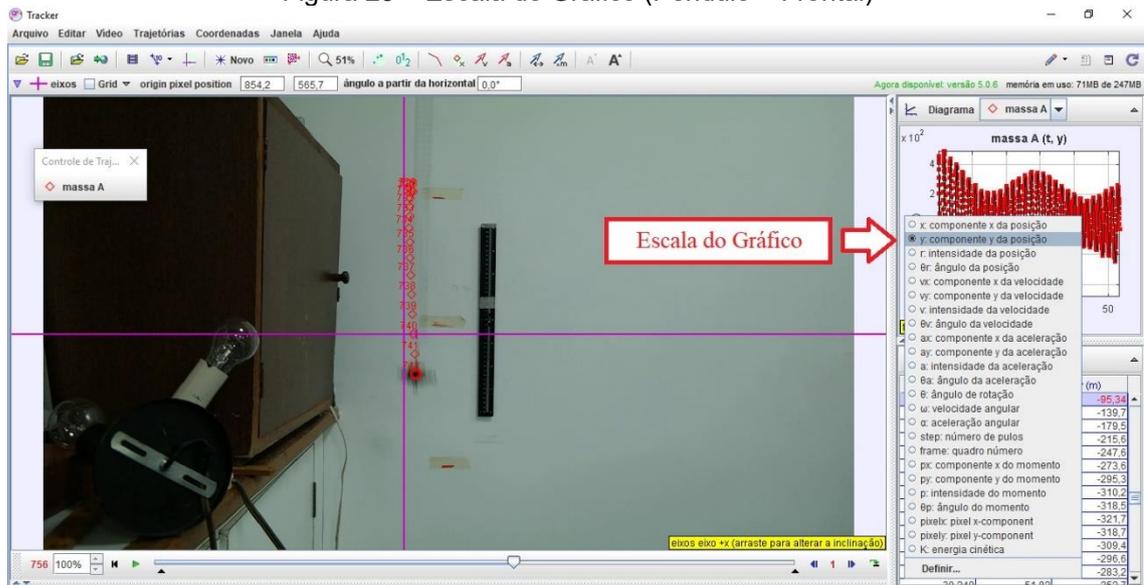


Fonte: O Autor (2019)

Passo 8: Quando terminar a análise dos pontos necessários, clique em fechar.

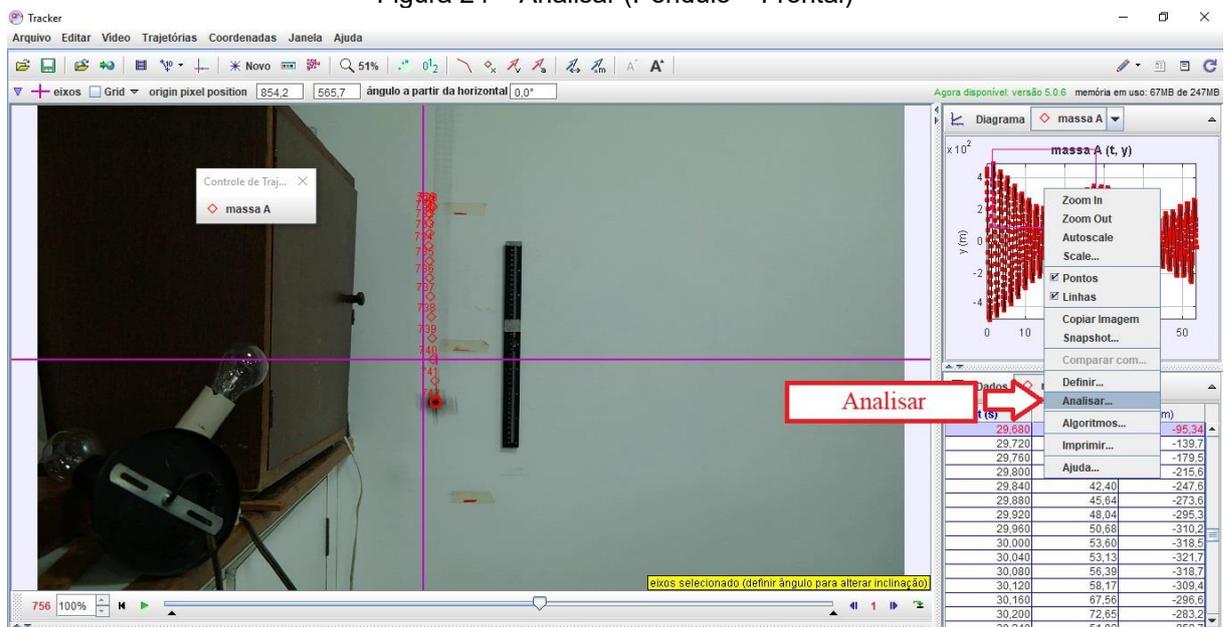
Passo 9: Agora que os dados da filmagem foram coletados certifique-se que a escala do gráfico gerado está em Y “componente Y da posição”, Figura 23. Depois vá em analisar Figura 24.

Figura 23 – Escala do Gráfico (Pêndulo – Frontal)



Fonte: O Autor (2019)

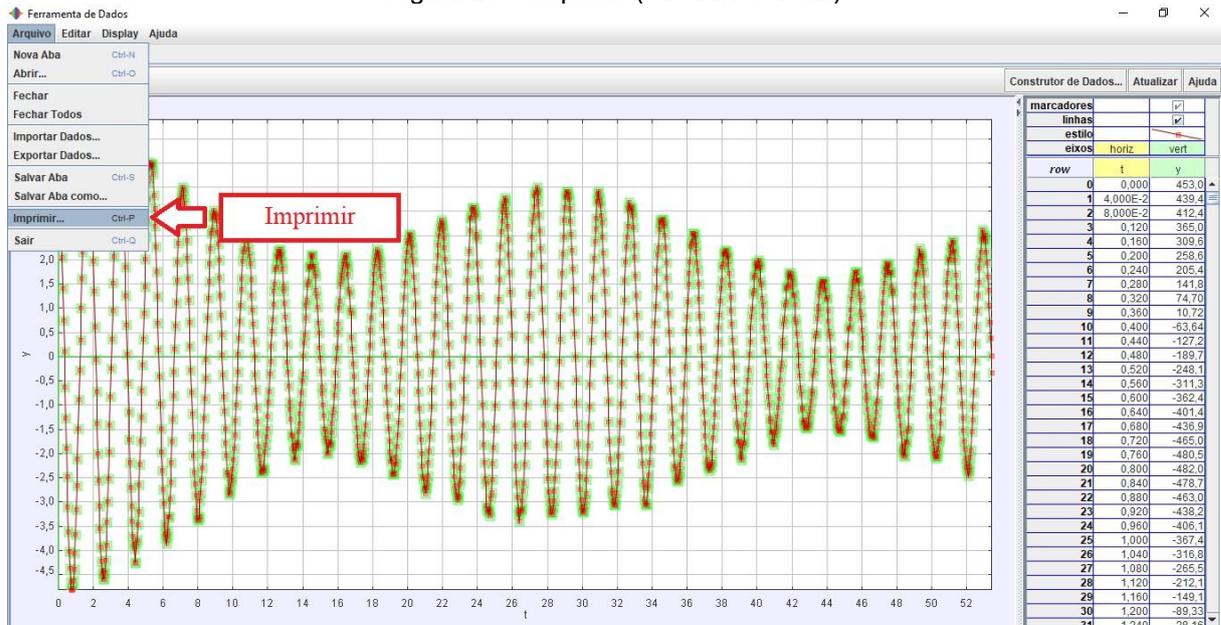
Figura 24 – Analisar (Pêndulo – Frontal)



Fonte: O Autor (2019)

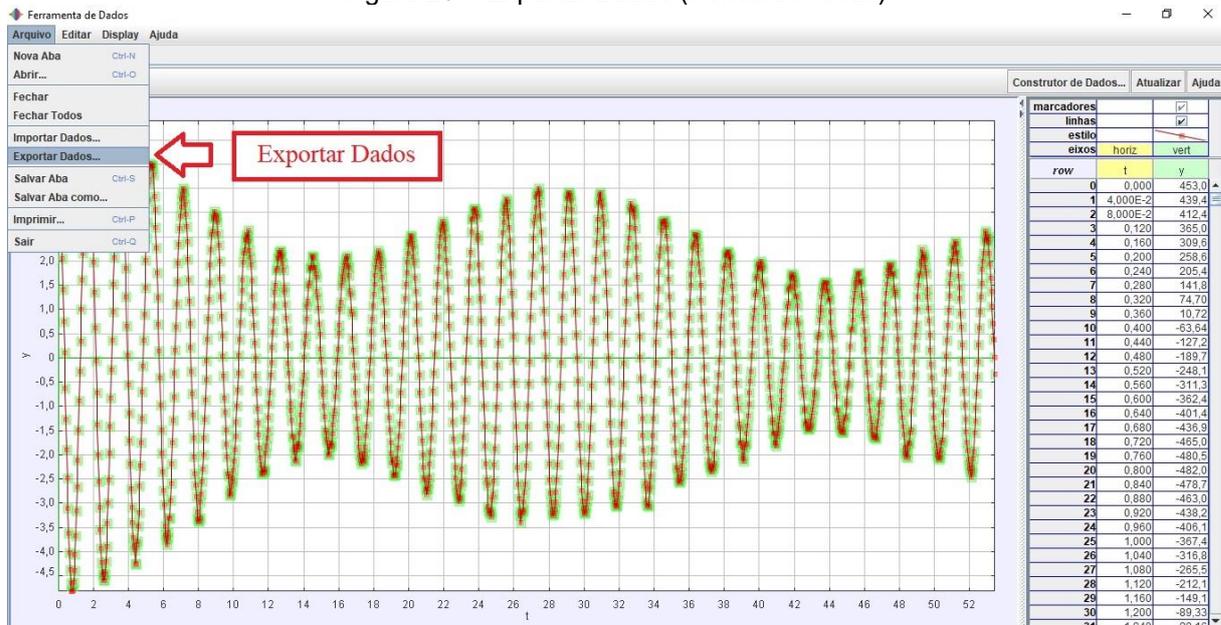
Passo 10: Dentro da própria janela da curva obtida vá em “Arquivo” -> “Imprimir”, Figura 25, para salvar a imagem da curva. Pode-se também ir em “Arquivo” “Exportar Dados”, Figura 26, para salvar os dados obtidos para utilizá-los em tabela ou em outros programas de análise de gráficos.

Figura 25 – Imprimir (Pêndulo Frontal)



Fonte: O Autor (2019)

Figura 26 – Exportar Dados (Pêndulo Frontal)



Fonte: O Autor (2019)

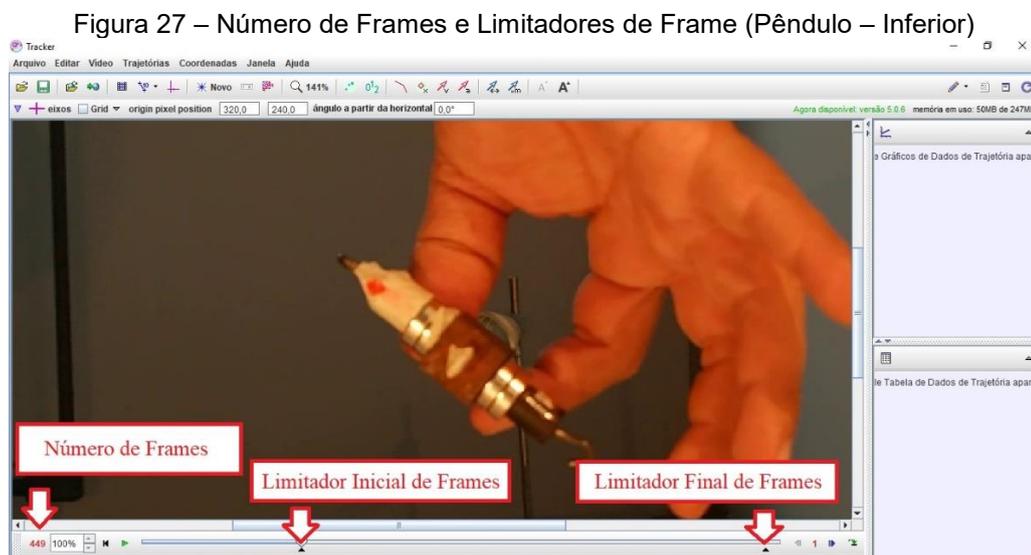
Os gráficos das figuras 25 e 26 são resultados dos ajustes de curvas obtidas nas oscilações transversais, direção Y, obtidos da obtenção de pontos do vídeo

realizado de uma filmagem perpendicular a este eixo de vibração. O movimento do pêndulo nesta direção teve oscilações harmônicas e apresentou o batimento que se esperava para o pêndulo de WF. A partir deste gráfico, usando equações senoidais do MHS é possível determinar a frequência angular e a partir dela obter valores da constante elástica e do período da mola e comparar com os valores obtidos na maneira tradicional pela lei de Hooke assim como foi calculado pelo autor no tópico 4.3.

#### 4.6 COMPORTAMENTO DAS OSCILAÇÕES ROTACIONAIS (PLANO PERPENDICULAR AO EIXO Y)

Agora iremos analisar o movimento oscilatório rotacional, realizado pelo peso com massa distribuída numa direção radial do plano perpendicular ao eixo Y. Essa análise será feita de uma maneira a observar e coletar dados do movimento de rotação do “corpo rígido” através de um vídeo produzido numa filmagem da parte inferior do pêndulo WF, que, além de girar, afastava e aproximava da câmara sincronizadamente, o que dificulta uma focalização, já que temos que focalizar o objeto em uma posição média e a medida que ocorre o movimento este foco é prejudicado. Veja a imagem do corpo vista por baixo na figura 17 a seguir.

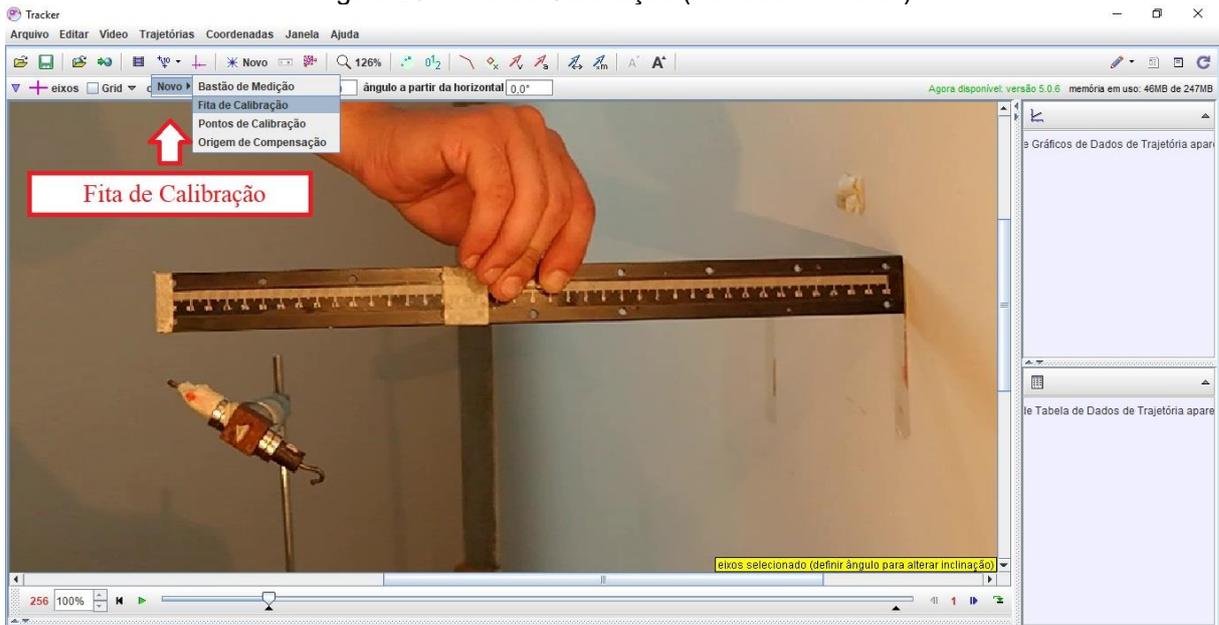
Passo 1 a 4 da seção 4.4 são repetidos aqui para este novo vídeo. Na figura 27, após a inserção do vídeo, é mostrado novamente como se realiza os cortes para iniciar o estudo.



Fonte: O Autor (2019)

Passo 4: Na barra de ferramentas superior, vá em fita de calibração, figura 28, para ajustar a escala do vídeo, utilizando de um objeto de tamanho conhecido e com sua unidade de medida em metros, nesse caso utilizamos uma régua situada no ponto médio entre as amplitudes máximas de oscilação. Essas amplitudes máximas são fruto da primeira oscilação desse pêndulo.

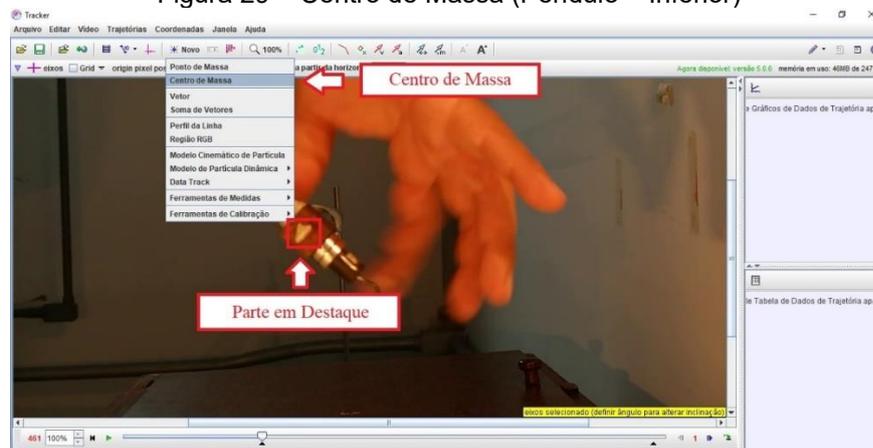
Figura 28 – Fita de Calibração (Pêndulo – Inferior)



Fonte: O Autor (2019)

Passo 5: Como queremos analisar a rotação de um objeto, porém o centro de rotação deste objeto apresenta uma oscilação fora do eixo, primeiro temos de definir o centro de massa (que será origem do nosso sistema). Vá até a barra de ferramentas superior clique em: NOVO -> “Centro de massa”, Figura 29. E receberá o “nome de massa A”

Figura 29 – Centro de Massa (Pêndulo – Inferior)

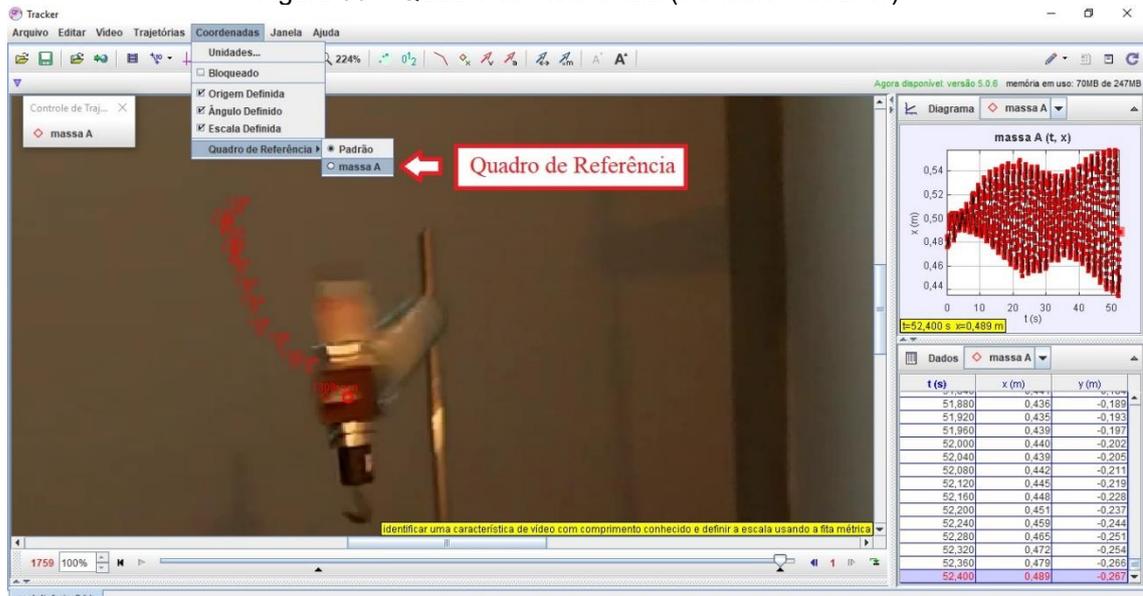


Fonte: O Autor (2019)

Passo 6: Como nesse caso, o vídeo analisado não tem uma focalização constante e a velocidade do giro do corpo rígido gera distorções, não se pode realizar uma busca automática da posição do ponto em destaque ao longo do movimento. Portanto, foi necessário realizar a marcação manual, ou seja, utilizando a tecla: Shift sobre o ponto vermelho no “corpo rígido”, previamente sinalizado com uma “parte em destaque”, mostrado na figura 29.

Passo 7: Como o “corpo rígido” apresenta uma oscilação fora do eixo axial de rotação, devemos realizar os ajustes de forma a manter o centro do movimento, então fazer a alteração da origem do eixo de coordenadas. Assim, manteremos o eixo de coordenadas coincidente com o centro de rotação do “corpo rígido”. Para isso, faremos uma associação entre os pontos recém adquiridos nos Passo 6 e o centro de referência do sistema de coordenadas. Na barra de ferramentas superior, vá em COORDENADAS -> QUADRO DE REFERÊNCIA: Altere para: “massa A”, como exhibe a figura 30. A partir desse passo, todos os pontos inseridos terão como a origem do sistema de coordenadas, os pontos atribuídos ao “centro de massa” citado no passo 5.

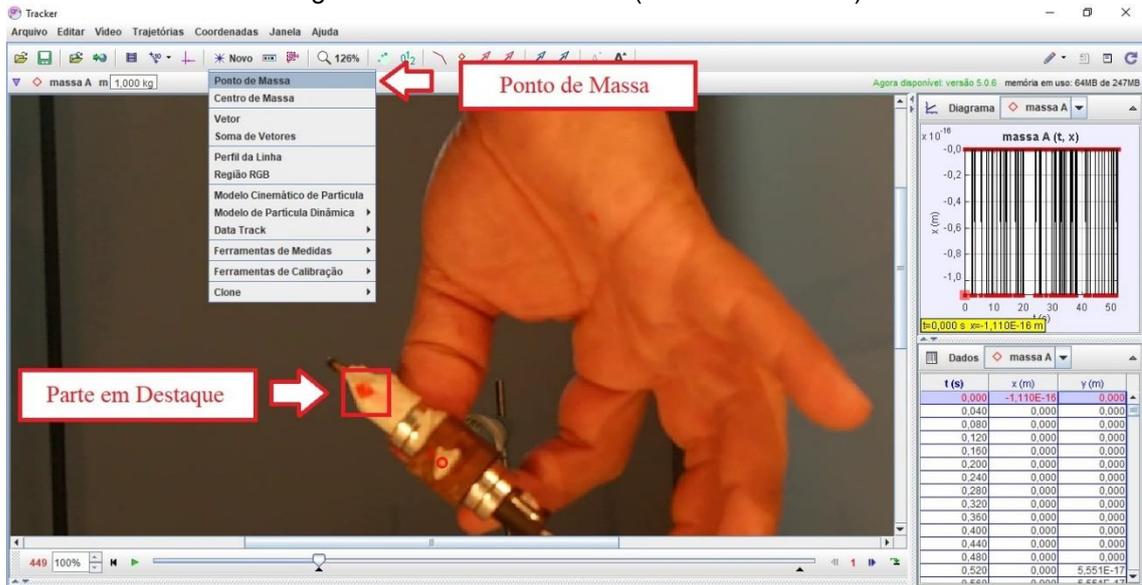
Figura 30 – Quadro de Referência (Pêndulo – Inferior)



Fonte: O Autor (2019)

Passo 8: Na barra de ferramentas superior, click em: NOVO -> Ponto de Massa, figura 31. Para coletar a posição de uma das extremidades desse “corpo rígido” em função do tempo.

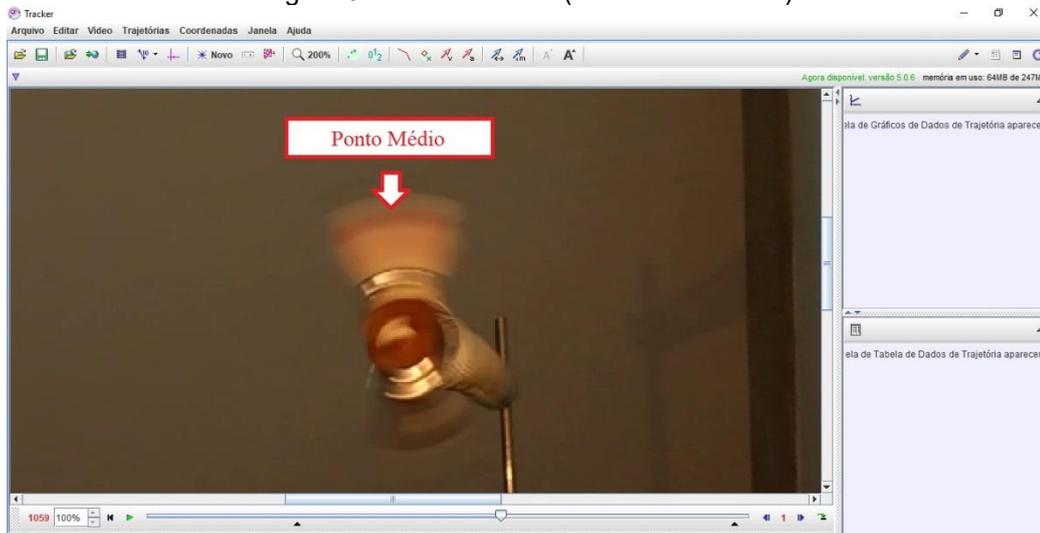
Figura 31 – Ponto de Massa (Pêndulo – Inferior)



Fonte: O Autor (2019)

Passo 9. Aqui nesta etapa iremos realizar a marcação dos pontos com uma busca manual. Use a tecla Shift sobre o ponto na extremidade “corpo rígido” que foi previamente sinalizado com uma “parte em destaque”, continue clicando nessa “parte em destaque” até o termino do intervalo de vídeo a ser analisado. Em momentos que a “parte em destaque” estiver borrada, selecione o “ponto médio” da imagem borrada, por exemplo o quadro apresentado na figura 32.

Figura 32 – Ponto Médio (Pêndulo – Inferior)

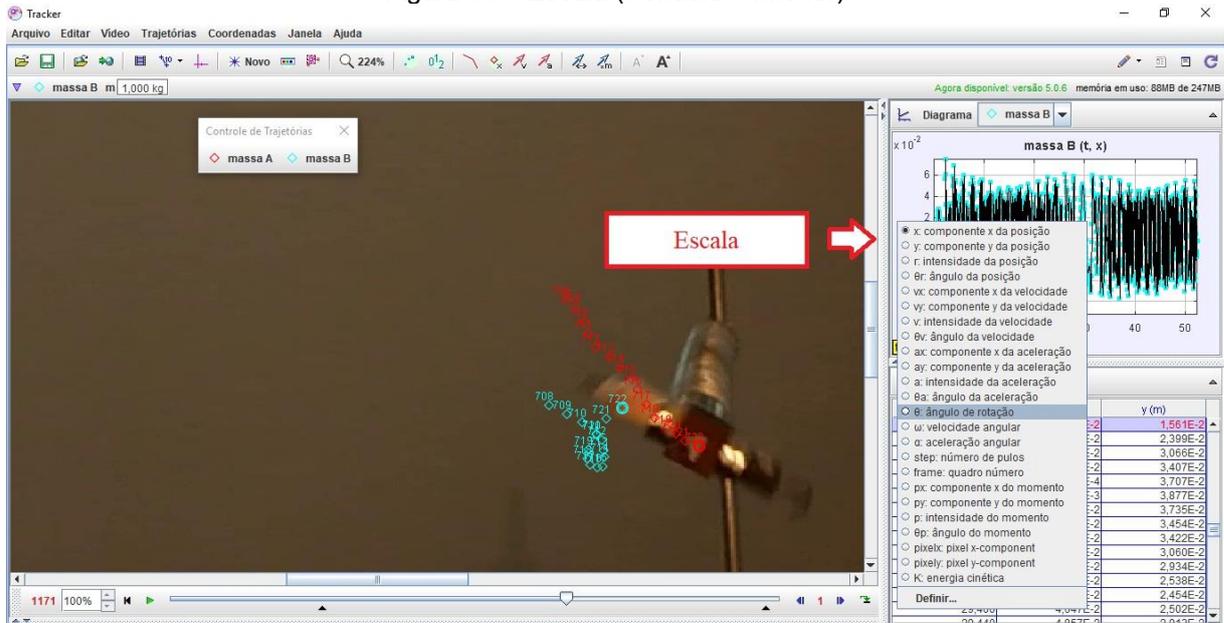


Fonte: O Autor (2019)

Passo 10: Quando terminar a análise dos pontos necessários clique em fechar.

Passo 11: Agora que os dados da filmagem foram coletados, mude o valor da escala no gráfico Foto 33 de X (componente x da posição) para  $\Theta$  (Ângulo de rotação). Com isso temos então o gráfico do movimento de rotação do “corpo rígido”.

Figura 33 – Escala (Pêndulo – Inferior)

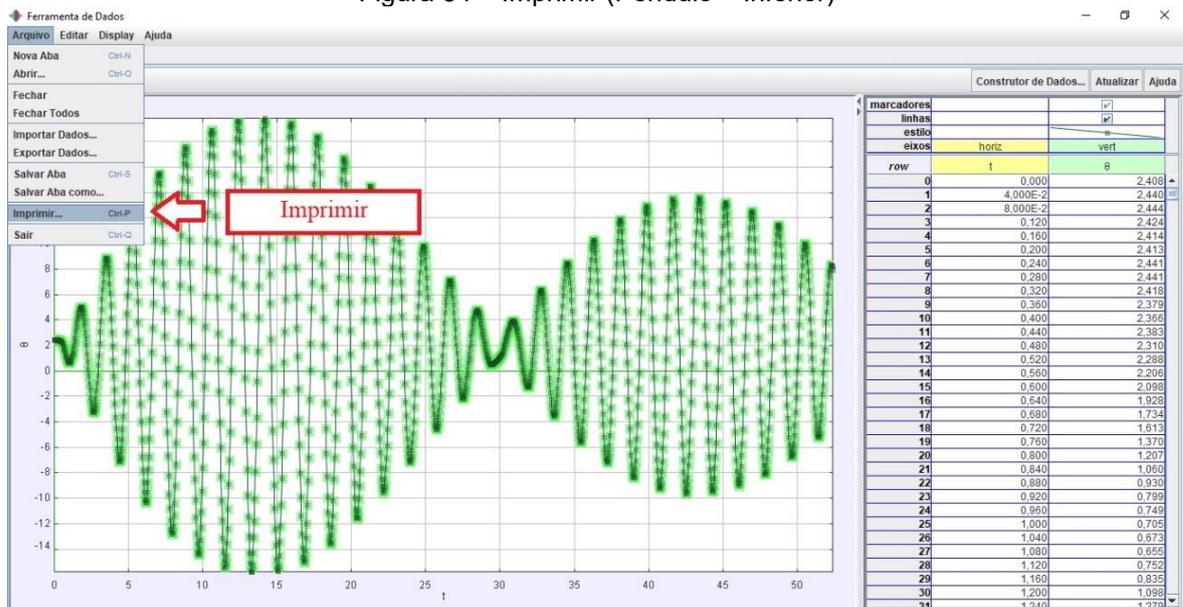


Fonte: O Autor (2019)

Passo 12: Clique duas vezes no gráfico e cairá na parte de análise do gráfico.

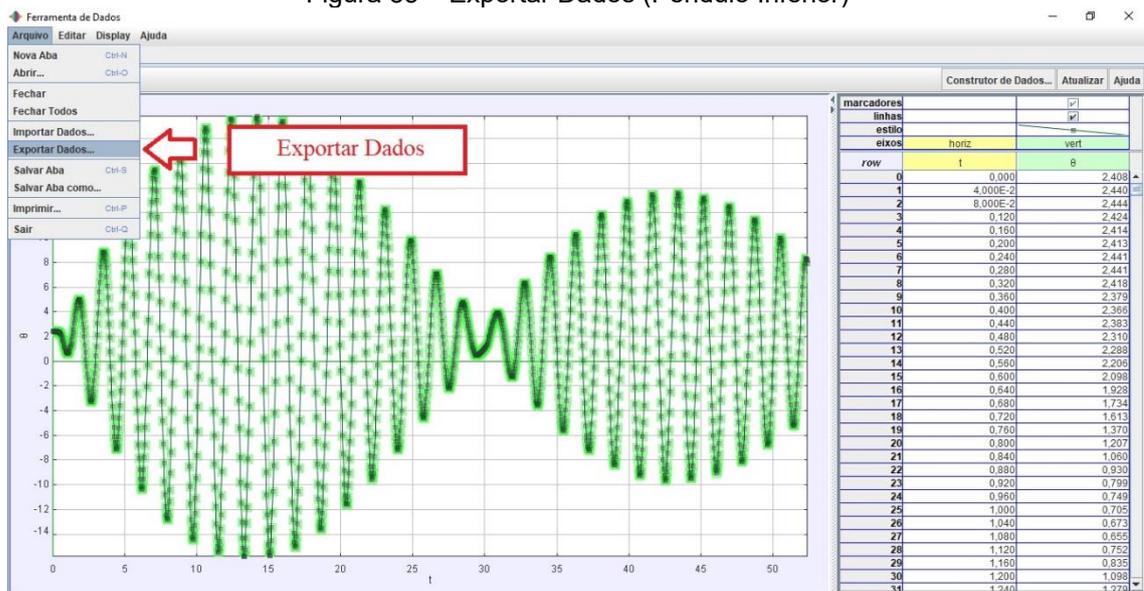
Passo 13: Dentro da própria janela da curva obtida vá em “Arquivo” “Imprimir”, figura 34, para salvar a imagem da curva. Se desejar salvar os dados obtidos ou caso queira analisá-los em outros programas de análise de gráficos, vá em “Arquivo” “Exportar Dados”, figura 35.

Figura 34 – Imprimir (Pêndulo – Inferior)



Fonte: O Autor (2019)

Figura 35 – Exportar Dados (Pêndulo Inferior)



Fonte: O Autor (2019)

Os gráficos das figuras 34 e 35 são resultados dos ajustes de curvas obtidos da análise do vídeo, realizado de uma filmagem do plano de rotação perpendicular a este eixo a direção Y. Nos gráficos estão as oscilações rotacionais do corpo rígido ao girar de um ângulo  $\theta$  em função do tempo. Nestes gráficos também ficam evidentes a periodicidade do movimento e o amortecimento, como acontece nas vibrações transversais, direção Y. O movimento do pêndulo, neste plano, também apresentou oscilações harmônicas e o batimento esperado para o pêndulo de WF.

## 5 RESULTADOS

### 5.1. AVALIANDO QUALITATIVAMENTE O RESULTADO DESTA METODOLOGIA

Nesta dissertação além da análise de vídeo, através da utilização do software tracker de dois experimentos distintos: o movimento uniforme de um carrinho e o movimento de um pêndulo de Wiberforce também foram apresentados outros métodos de análise nessa dissertação, além da atividade extraclasse desenvolvida pelos alunos.

### 5.2. PESQUISA DESENVOLVIDA E APLICADADA EM SALA DE AULA

Nossa pesquisa foi desenvolvida com estudantes da primeira série em uma escola pública federal, na disciplina física, para o estudo da mecânica utilizando a videoanálise de movimentos, num estudo da cinemática e da dinâmica focado nos fenômenos físicos envolvidos. Por meio de uma abordagem teórico-prática supervisionada e ministrada pelo coordenador do projeto, os estudantes bolsistas envolvidos no projeto e o professor pesquisador deste trabalho auxiliavam os professores e acompanhavam na execução das atividades. Sempre que necessário, auxiliando os alunos na utilização do software e nas confecções dos gráficos que o programa Tracker permite construir, bem como na interpretação dos fenômenos. Além disso, em momento posterior, por meio de análise reflexiva dos resultados dos relatórios e do andamento de cada atividade, analisamos a eficiência do projeto. Na mesma semana em que cada atividade era aplicada, reuníamos os participantes do projeto para aprimoramento e críticas.

Nas orientações de execução das atividades há provocações e perguntas em que o aluno deve relacionar o conteúdo extraído pela análise do software tracker com a teoria e seus conhecimentos prévios.

A partir desta discussão era realizada a adequação das orientações no roteiro semiaberto, denominado manual de apoio. Ao final de cada etapa era analisado também, o ganho de conhecimento obtido, isto por meio da correção do manual de apoio das atividades realizadas. Desenvolvemos manuais de apoio para o professor no uso do Tracker para atividades de mecânica. Este está disponibilizado no Apêndice, como produto deste trabalho de pesquisa, possibilitando que outros

docentes em suas escolas, em suas devidas condições tecnológicas, também tenham a oportunidade de complementar o ensino teórico e aproximar os alunos da matemática e da física, utilizando esta metodologia que foi testada e comprovadamente possível de ser realizada de maneira acessível.

No produto são disponibilizados vídeos no Youtube com orientações de como realizar atividades e, simultaneamente, é ensinado como utilizar o software Tracker para o estudo da física.

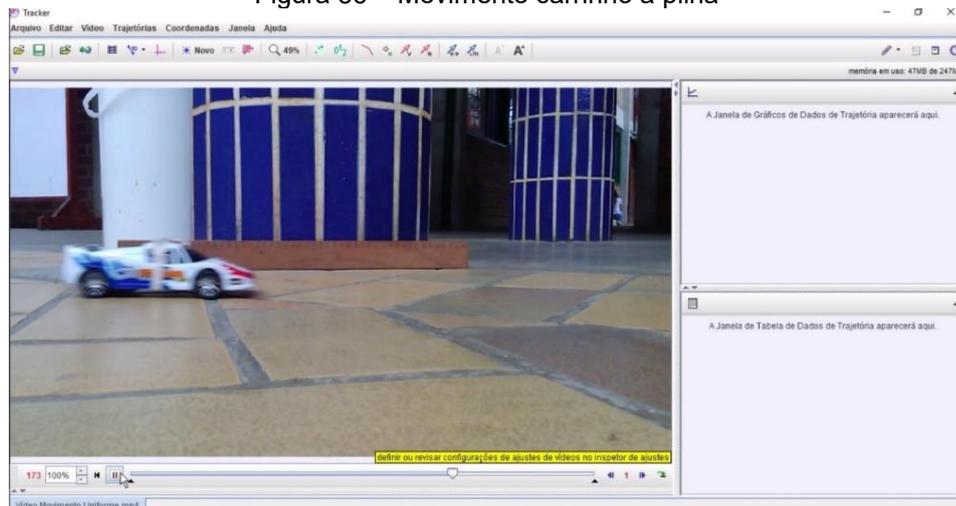
A escola da nossa pesquisa é uma escola pública que busca práticas inovadoras e metodologias novas, por ser uma escola de aplicação, e os professores sempre obtém resultados motivadores. Os docentes da escola buscam aperfeiçoar suas abordagens de ensino e isso é usual nas diversas disciplinas da escola, por ser uma escola onde o professor tem uma dedicação exclusiva, valorização da carreira e uma remuneração superior, quando comparada a outras escolas públicas estaduais e municipais. Vale destacar que esta escola está classificada como o melhor ensino nacional entre as escolas públicas, pelo critério das notas obtidas nas avaliações do ENEM nos últimos anos.

### 5.2.1 UTILIZAÇÃO DO TRACKER APLICADOS EM SALA DE AULA PARA AUXÍLIO EM AULAS DE MOVIMENTO UNIFORME

Na análise do vídeo de um carrinho à pilha, num ajuste automático do movimento do ponto central no carrinho, obtido de uma filmagem com smartphone pelos estudantes, já se observa um movimento linear.

A Figura 36 mostra a imagem do movimento de um carrinho à pilha no quadro principal do Tracker e a direita o gráfico obtido simultaneamente e a tabela de dados.

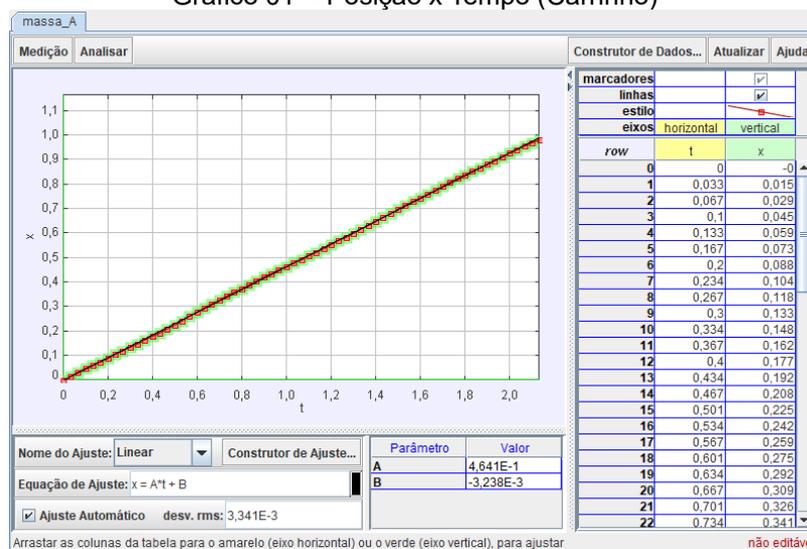
Figura 36 – Movimento carrinho a pilha



Fonte: Os autores (2019)

Analisando, podemos obter como resultado dois gráficos. O primeiro gráfico, o da posição pelo intervalo de tempo,  $X(\text{metros}) \times t(\text{segundos})$ , O Gráfico 01 apresenta no seu ajuste uma reta, uma característica de um movimento com velocidade constante conforme discutido nas atividades, o coeficiente angular obtido pela tangente do ângulo formado pela inclinação da reta nos fornece a velocidade do carrinho no movimento uniforme.

Gráfico 01 - Posição x Tempo (Carrinho)



Fonte: O Autor (2019)

Os parâmetros do ajuste desta reta  $x = A \cdot t + B$  tem como valores  $A = 0,46$  e  $B = -0,0032$ . Como a distância varia linearmente com o tempo, podemos concluir que se trata de um movimento uniforme, então relacionaremos a equação com a função

horária do movimento uniforme, veja a orientação da atividade no Anexo, de forma similar a equação horária da posição  $S = S_0 + Vt$ , temos então que a velocidade  $V$  do carro é  $0,464\text{m/s}$  e a posição inicial  $S_0$  do carrinho é  $0,0032\text{m}$ , posição próxima de zero, este valor varia para cada grupo em função da escolha do ponto de partida e isso é discutido nas atividades, assim como o valor obtido para a velocidade.

### 5.2.2 ATIVIDADES ESCOLARES APLICADAS COMO ATIVIDADE EXTRACLASSE COM O TRACKER

Foram feitas diversas atividades pelos estudantes na escola, em uma das atividades (2017 segundo ano de projeto) foi proposta para um grupo de estudantes bolsistas do projeto, a elaboração de uma atividade extra e fora do ambiente formal de ensino da escola. Esta atividade aconteceria num ambiente escolhido por eles, porém fora da escola. Fariam um vídeo e dele obteriam dados relacionados ao conteúdo abordado em sala de aula.

O grupo de estudantes tinha a missão de realizar uma atividade extraclasses diferente, envolvendo os conhecimentos do Tracker e aplicada à mecânica. O grupo montou uma sequência investigativa para um vídeo envolvendo algum esporte, utilizando videoanálise através do Tracker, para obter valores do movimento envolvido.

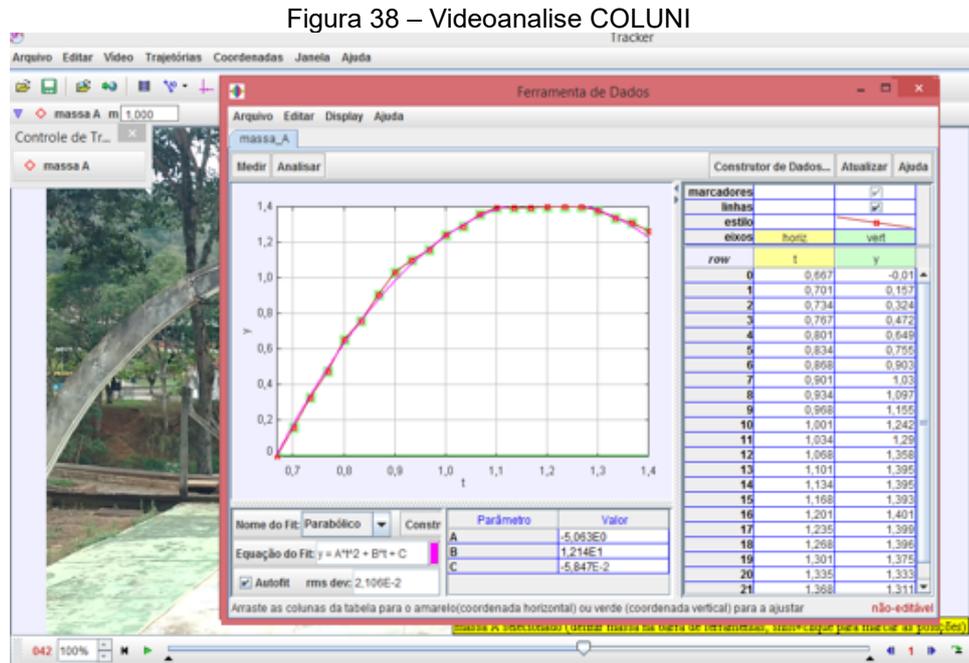
O grupo propôs uma análise de um arremesso de uma bola de basquete. O grupo fez uma filmagem e produção de fotografia estroboscópica, Figura 37, com o Tracker do arremesso da bola de basquete.

Figura 37 – Fotografia Estroboscópica

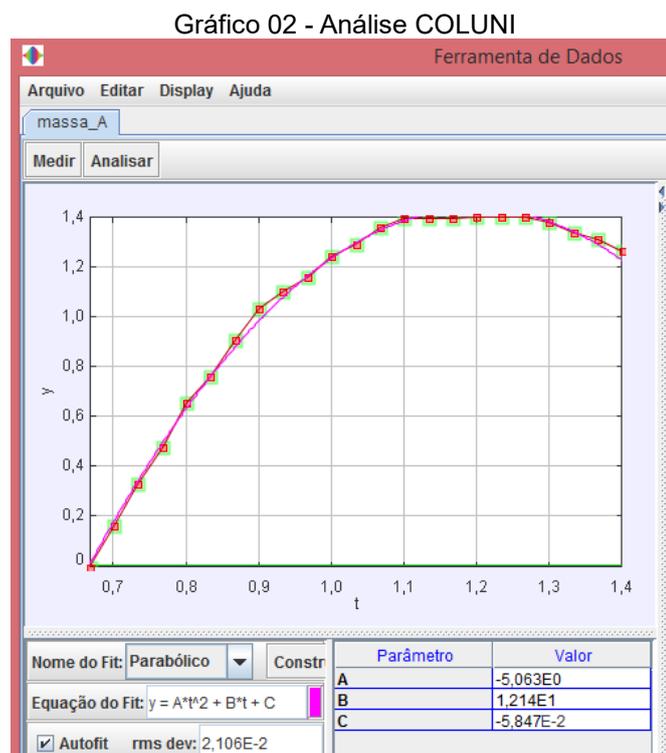


Fonte: Aluno do COLUNI (2017)

Através do vídeo obtido pelos próprios alunos, além da fotografia estroboscópica foi feita uma videoanálise, Figura 38. Onde, através do Gráfico 02 obtemos dados de posição e tempo da bola ao longo do vídeo.



Fonte: Alunos COLUNI (2017)



Fonte: Alunos COLUNI (2017)

Do gráfico os alunos escolheram curva de melhor ajuste sendo uma parábola. Essa Parábola  $y = At^2 + Bt + C$  tem como valores de  $A = -5,063$ ;  $B = 12,14$  e  $C = 0,05847$ . Como a distância varia de forma parabólica com o tempo, concluíram que se trata de um movimento uniformemente variado. Relacionaram então a equação  $y = At^2 + Bt + C$  com a equação horária da posição  $S = \pm \frac{g}{2}t^2 + v_0t + S_0$ , concluindo que:

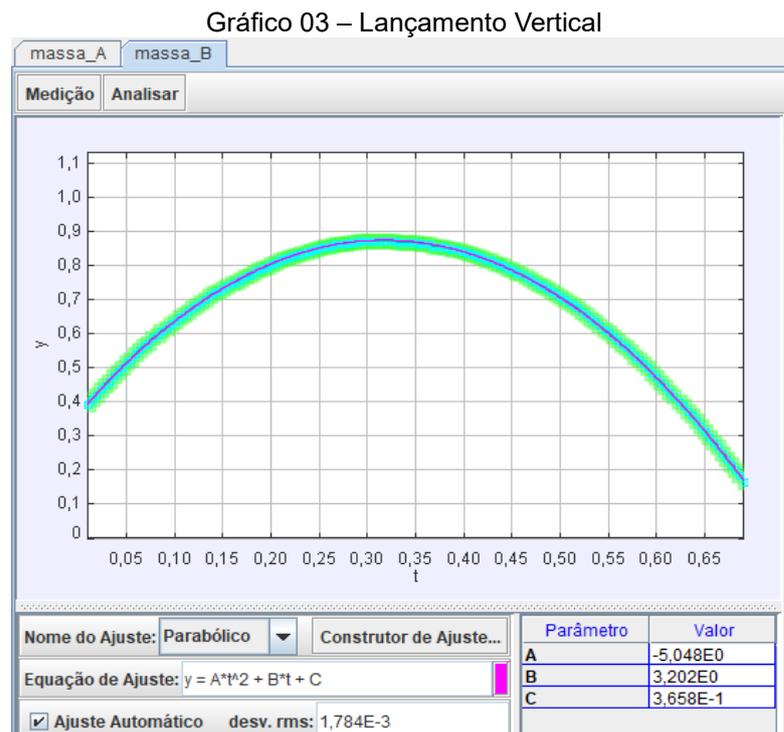
$$2A = g \text{ (Aceleração da Gravidade)}$$

$$B = v_0 \text{ (Velocidade Inicial)}$$

$$C = S_0 \text{ (Espaço Inicial)}$$

Foi visto que a bola de basquete iniciou seu movimento na posição  $y_0 = 0,0585\text{m}$ , com uma velocidade inicial de  $v_{y0} = 12,14\text{ m/s}$  na componente vertical com direção para cima e foi obtida uma aceleração (aceleração da gravidade) de  $a = 10,12\text{m/s}^2$  na componente vertical com direção para baixo.

Já em outra atividade desenvolvida pelos alunos podemos observar pelo Gráfico 03 a seguir, apresentando o ajuste obtido de um lançamento vertical de uma bola para cima, numa filmagem com câmara semiprofissional e com 220 frames por segundo.



Fonte: Os Autores (2019)

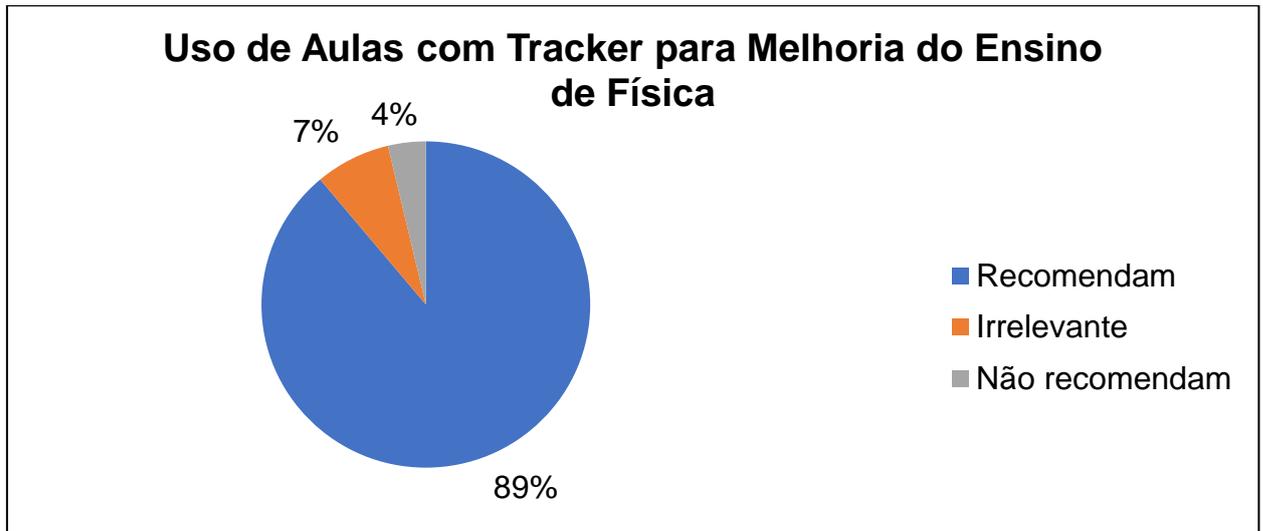
No gráfico 05 acima, observe pelo parâmetro A do ajuste, obtemos o valor da aceleração  $a = 10,08\text{m/s}^2$  muito próximo ao encontrado pelo grupo de estudantes em seu trabalho com a bola de basquete  $a = 10,12\text{m/s}^2$ . Tudo isso mostra que nas filmagens realizadas com smartphones usuais, é possível obter resultado muito bom, quando se faz com todos os procedimentos com cuidado além disso é necessário um bom ajuste de escala e um bom contraste na “parte em destaques” do seu objeto de estudo para realizar a marcação dos pontos ao longo do vídeo.

### 5.2.3 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO USO DA METODOLOGIA

Para avaliar como foi a aceitação da metodologia do uso do Tracker no ensino da mecânica como complementação a aulas teóricas e práticas, ao fim do ano letivo, para os estudantes da primeira série do ensino médio, foi aplicado um questionário para que os alunos avaliassem a realização das atividades práticas. O foco do questionário foi a forma e a utilização do software Tracker. Nesse questionário do total de alunos que o responderam, 74% afirmaram, que em séries anteriores, nunca haviam realizado atividades experimentais metodologia prática e o primeiro contato foi avaliado positivamente. Isso reforça que o aprendizado apenas em sala de aula não é suficiente para despertar a vontade de aprender, sendo necessária a busca por outros procedimentos pedagógicos.

Diante das respostas contidas no questionário, veja o Gráfico (04), é possível perceber a eficácia do projeto, uma vez que os objetivos pensados para tal foram atingidos.

Gráfico 04 – Uso de Práticas de Ensino



Fonte: Os Autores (2017)

De um total de 135 alunos que responderam ao questionário, cinco não recomendam, dez acham irrelevante e 120 recomendam o uso de aulas práticas para a melhoria de ensino de Física e Matemática. De acordo com esses dados, temos no Gráfico 01 resultados que a grande maioria, 89% dos estudantes, valida as aulas, favorecendo então a utilização deste recurso de ensino.

Respostas frequentes dos estudantes sobre o ensino prático continham a informação de que ele trazia um aprendizado dinâmico e ilustrado, complementando e fixando o conhecimento teórico através do estímulo à interação dos alunos entre si e com os tutores envolvidos. Despertou-se interesse e curiosidade pelo conteúdo, por sair da rotina das tradicionais aulas expositivas e trazer a tecnologia e a realidade física para perto do aluno. No questionário coletou-se também justificativas para aprovar ou não o projeto. Veja algumas respostas dadas pelos estudantes nas Tabelas: Tabela 02, Tabela 03 e Tabela 04.

Tabela 02 – Justificativas dos estudantes para manter as atividades usando o Tracker.

<b>JUSTIFICATIVAS PARA APROVAÇÃO DO USO DO TRACKER</b>
As atividades podem ser realizadas pelo próprio aluno.
Facilita a assimilação e mostra com mais qualidade os conhecimentos vistos na aula teórica.
Desperta curiosidade e promove um ensino menos monótono.
Estimula o trabalho em equipe.
Possibilita aprender e entender fórmulas sem uso de métodos de decoreba.

Tabela 03 – Justificativas dos estudantes para não manter as atividades usando o Tracker.

<b>JUSTIFICATIVAS PARA A REPROVAÇÃO DO USO DO TRACKER</b>
Dificuldades para se utilizar o software mecanismos nas aulas práticas.
Pode tornar os conceitos mais complexos, sem a explicação simples.
Exige acompanhamento e auxílio constante por parte de monitores.

Tabela 04 Sugestões dos estudantes para não melhoria das atividades usando o Tracker.

<b>OBSERVAÇÕES E MELHORIAS</b>
Realizar mais aulas práticas ao longo do ano letivo.
Perguntar aos alunos sobre temas que eles desejam ver em aulas práticas, aplicando-os.
Criar oficinas extracurriculares para aqueles que desejam aprofundar as ideias.
Tornar as explicações mais detalhadas.
Utilizar o <i>software Tracker</i> em Português.
Realizar aulas mais curtas, com explicações do conteúdo percorrido ao final do horário.

Do primeiro para o segundo ano de aplicação da metodologia, muitas das sugestões foram atendidas. Reinstalamos o software nos computadores do laboratório para que fosse utilizado em português, procuramos diminuir o número de dúvidas por parte dos estudantes, para dar tempo de discutir ao final, e procuramos dar maior clareza e entendimento na sequência das atividades sem deixar de provocar as discussões e valorizar a socialização dos estudantes e o contato com o material.

Por ser uma metodologia de ensino complementar a tradicional, o professor deve previamente elaborar um bom manual de apoio e se preparar bem para conduzir a discussão. Preparar o laboratório de informática previamente com o software

Tracker e testar o seu funcionamento sempre antes de cada aula, para evitar atrasos e garantir uma boa interação entre alunos e bolsistas.

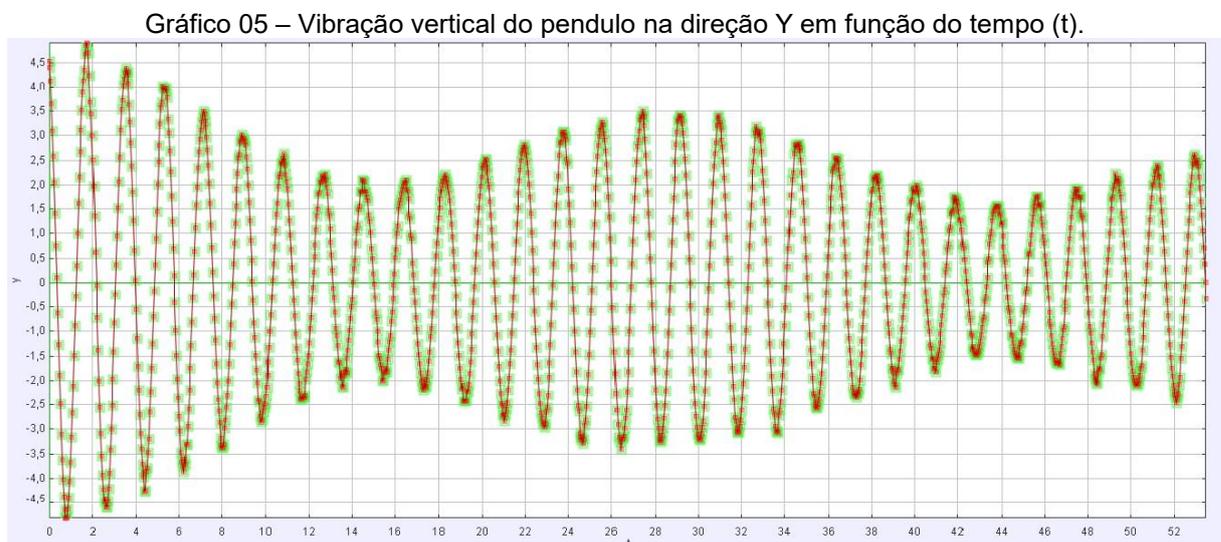
Empolgados com o software, os alunos gravaram os próprios vídeos para analisá-los e descobrir o que mais o Tracker era capaz de fazer. Eles tiveram um aumento de suas notas médias nas avaliações de matemática e física, quando comparado ao resultado da primeira bateria de provas (antes do início do projeto).

Outro resultado valioso e que era um de nossos objetivos, foi a maior participação e socialização dos estudantes em sala de aula. Como além de ser uma atividade em grupo é também uma atividade extraclasses envolvendo o uso de computador, em muitos casos ambos queriam ficar “no computador” o que os ajudou em um bom trabalho em equipe, evitando o desvio de foco da aprendizagem e evitando tumultos e desinteresse por parte dos estudantes.

### 5.3 RESULTADOS DA ANÁLISE DO PÊNULO DE WILBERFORCE (WF)

Na análise do pêndulo de Wilberforce (WF), obtivemos dois gráficos para os movimentos principais de oscilação translacional e rotacional, como apresentado nas figuras dos gráficos 06 e 07 a seguir.

A partir da análise do vídeo frontal, do movimento de oscilação transversal na direção vertical Y, veja a Figura 16 no capítulo 4, obtivemos o Gráfico 05, da posição (Y) em função do tempo (t).

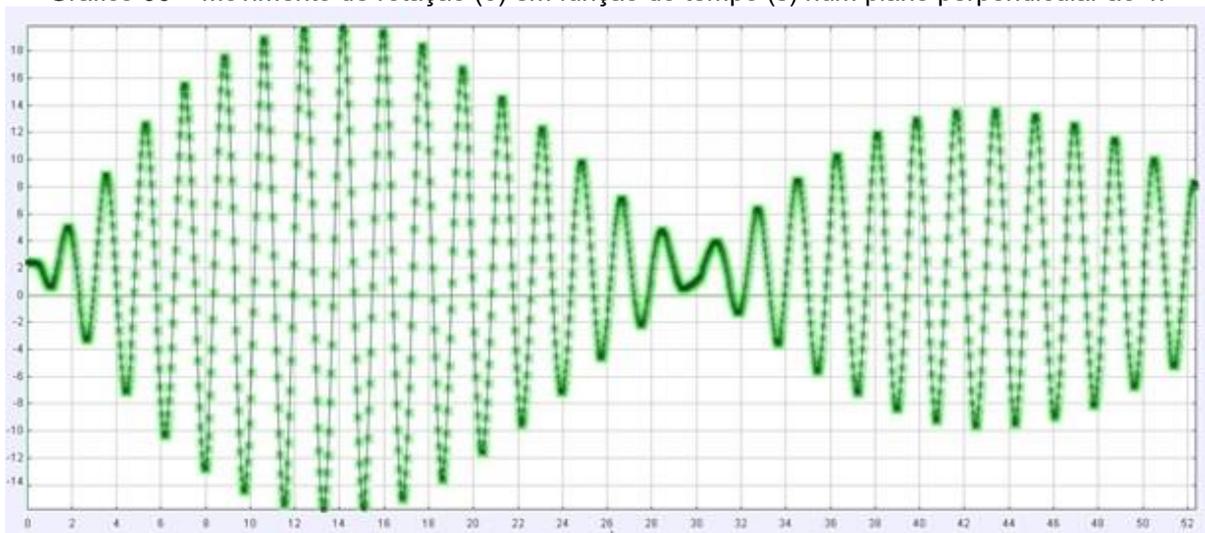


Fonte: O Autor (2019)

Podemos observar que nesse movimento ocorreu um movimento oscilatório de amortecimento e foi possível observar um batimento, pois havia transferência de energia entre os dois movimentos oscilatórios do pêndulo, o translacional e o vibracional. Observe a variação na amplitude do movimento, com amplitude máxima inicial em 0s e primeiro mínimo em por volta de 14s. Depois um segundo máximo entre 28s e 30s e um segundo mínimo por volta de 44s.

Na análise do vídeo com visão inferior, apresentado na Figura 17 do capítulo 4, obtivemos o Gráfico 06, que é o resultado da rotação ( $\theta$ ) em (Grau  $\times 10^3$ ) em função do tempo (s), o movimento Inferior de Rotação do corpo rígido.

Gráfico 06 – Movimento de rotação ( $\theta$ ) em função do tempo (s) num plano perpendicular ao Y.



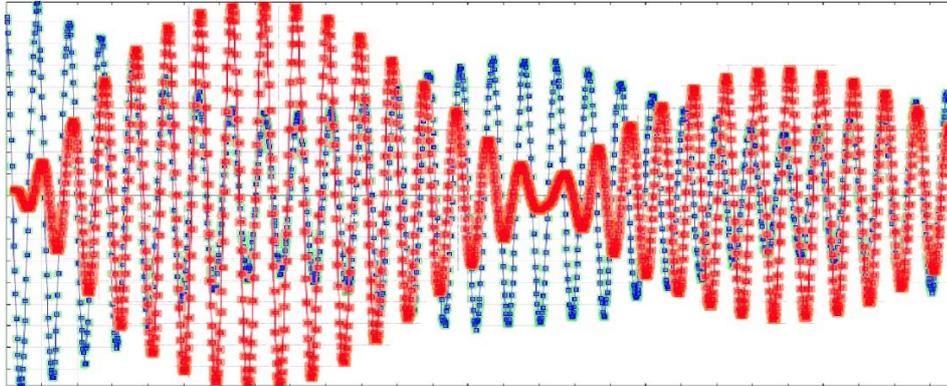
Fonte: O Autor (2019)

Podemos observar que, nesse movimento, também ocorreu um batimento amortecido com amplitude mínima inicial em 0s e primeiro máximo por volta de 14s. Depois um segundo mínimo por volta de 30s e um segundo máximo por volta de 44s.

Comparando os Gráficos 05 e 06, a variação da posição (Y) no Gráfico 05 e variação do ângulo ( $\theta$ ) em função do tempo no Gráfico 06 dá-se de forma em que os períodos da onda responsáveis pelo amortecimento são idênticos, e estão relacionados de maneira que as amplitudes variam de forma sincronizada em seus movimentos vibratórios, os batimentos amortecidos formam uma soma de ondas destrutivas, em momento que um está em seu máximo e o outro estará em seu mínimo como na Figura 39 onde a onda em azul representa posição (Y) em função do tempo

(t) obtido pelo Gráfico 05 e vermelho representa Movimento de rotação ( $\theta$ ) em função do tempo (s) obtido pelo Gráfico 06.

Figura 39 – Superposição de ondas



FONTE – O autor (2019)

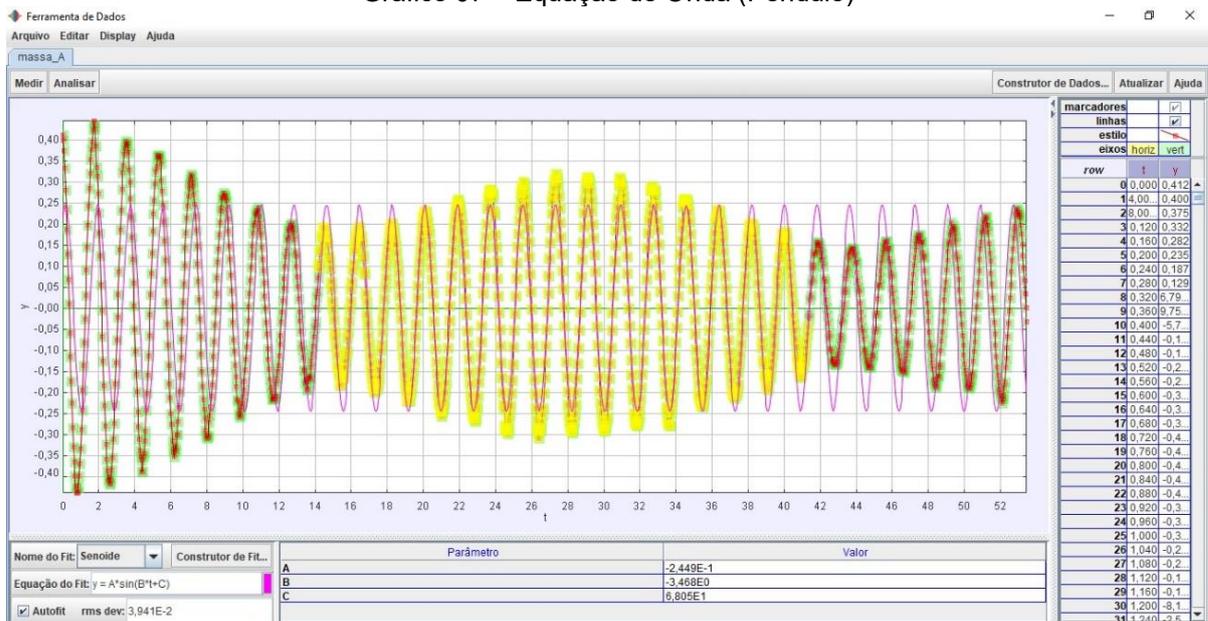
Como já era previsto, pelas equações apresentadas no início do capítulo 4, onde explicamos a utilização do Tracker para a análise do pêndulo de WF. Nele vimos que as energias, de um movimento estão relacionadas ao do outro:

$$E = K_t + K_r + U_t + U_r$$

Para que se tenha uma energia de translação máxima  $K_t$  e  $U_t$  devemos ter energias para a rotação  $K_r$  e  $U_r$  mínimas 0. Então, de maneira inversa, para que uma energia seja máxima de rotação, a de translação deve ser mínima.

Podemos analisar um pouco mais o movimento oscilatório do pêndulo, selecionando um intervalo no Gráfico 05, realizando uma análise usando a equação de onda  $y = A \cdot \sin[B \cdot t + C]$ , obtermos entre os parâmetros o valor de B, que representa a frequência angular do movimento oscilatório no intervalo selecionado. A seguir este ajuste é apresentado no gráfico 07.

Gráfico 07 – Equação de Onda (Pêndulo)



Fonte: O Autor (2019)

Temos que a equação  $y = A \cdot \sin(B \cdot t + C)$  de valores  $A = -0,24$ ;  $B = -3,46$ ;  $C = 68,05$  pode ser comparada a equação horária do MHS  $x(t) = A \cos(\omega t + \Phi)$ . Com uso da relação  $\cos(x) = \sin[(\pi/2) - x]$  temos:

$$A \sin[(\pi/2) - \omega t - \Phi] = -0,24 \sin(-3,46t + 68,5)$$

Então vemos que a frequência angular  $\omega$  do movimento vertical é  $3,46 \text{ rad/s}$

Podemos utilizar as equações do MHS  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$  para relacionarmos  $\omega$  com a constante elástica da mola  $k$ . Se utilizarmos os valores da massa  $m = 0,161$  do corpo rígido preso a mola obtemos uma constante elástica  $k = 1,927 \text{ N/m}$ , um valor muito próximo ao obtido no capítulo 4 com o uso da lei de Hooke.

Aqui temos alguns resultados de nossas aplicações do Tracker com uma metodologia de ensino para produzir uma aprendizagem significativa e despertar o interesse dos estudantes pelo estudo das ciências de forma investigativa. Portanto, o software Tracker é muito utilizado no ensino nas principais universidades do mundo, mas os professores do ensino médio, sobretudo no Brasil, o utilizam ainda de forma muito tímida. Este trabalho tem a função de disseminar ainda mais o seu uso. Este software tem enormes potencialidades e há muitos resultados de pesquisas no ensino de física utilizando-o como uma ferramenta poderosa, como foi apresentado em nossa introdução. Sua disseminação não será difícil no Brasil, uma vez que os futuros

professores, hoje discentes em formação nos cursos de física, já têm contato com ele em sua formação universitária e podem com o tempo, terem mais fácil o seu domínio.

## 6 CONCLUSÃO

Ao longo dessa dissertação foi observado que o uso de TIC como foi dito por ROCHA potencializou o ensino de física, que nos ajudou a entender e visualizar, o simples movimento de um carrinho de controle remoto, ou até mesmo um movimento de um pêndulo de Wilberforce. A utilização de um diálogo aberto, assim como proposto por SERAFIM e SOUSA obteve-se um feedback dos alunos com relação ao método e conteúdo abordados em laboratório. Observando se estas questões foram realmente intrigantes, como disse ARAUJO e VEITE, é preciso planejar e replanejar pois a tecnologia por si só não ajuda.

Além do apoio dos monitores os alunos são colocados em duplas ou trios nos computadores fazendo com que eles interajam entre si, trocando saberes e informações através da interação social e da utilização de instrumentos e signos como descritos por VYGOTSKY. Esses saberes já são conteúdos inertes na estrutura cognitiva do aprendiz com isso de acordo com AUSUBEL podemos considerar que a aprendizagem, processo contínuo de formação em que o aprendiz agrega gradativamente novos conhecimentos aos já consolidados em sua estrutura cognitiva, fazendo estes novos terem uma permanência longa e estável na sua formação. Pode-se dizer que após esse processo há um ganho na estrutura cognitiva do aprendiz, PIAGET chama de equilíbrio majorante o processo responsável pela evolução cognitiva, tanto pelo desenvolvimento mental, quanto pela aprendizagem do indivíduo.

Vimos que este trabalho é importante para o aluno além de ter a oportunidade de rever e reforçar os conteúdos vistos em sala, possa também ser abordado analisando eventos que contemplem a realidade do aluno fazendo com que o aluno busque cada vez mais o conhecimento, interagindo com seus pares, esclarecendo dúvidas e propondo explicações.

Observou-se durante as atividades que a maioria dos estudantes não perderam o foco e a realizaram com eficiência e chegaram a seus objetivos, resultados estes analisados pelos relatórios. Este percentual é muito grande e dá um grande estímulo ao professor, pois atualmente se tem muito problema de concentração e interesse por parte dos estudantes e muitas vezes produz desordem e prejuízos para todos. Este método se mostrou muito eficiente para estimular a busca pelo conhecimento e ampliar o universo da cultura científica destes estudantes e motivando-os para futuro um avanço na carreira acadêmica voltada para ciência, matemática ou engenharia.

Como proposta de continuidade deste estudo, vimos que esta abordagem metodológica pode ser ampliada para outras séries do ensino médio, nas séries finais do ensino fundamental, como forma de usar a tecnologia em favor da socialização dos estudantes e maior envolvimento com a aprendizagem de física e matemática. Este estudo pode ser realizado em escolas públicas com baixo índice de desenvolvimento, para quebrar barreiras e desenvolver interesse. Também pode ser utilizado em escolas privadas como forma de dar novas estratégias didáticas envolventes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVARES, B. A.; LUZ, A. M. R. **Curso de Física**. São Paulo: Editora Scipione Ltda. 1ª edição, Vol. 1, 400p., 2011.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **A Educação na Sociedade dos Meios Virtuais**. Santa Catarina, 2009. Disponível em: <if.ufrgs.br>.

AUSUBEL, D.P. **Educational Psychology: A Cognitive View**. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968.

BROWN, D. **TRACKER: Video Analysis and Modeling Tool**. Disponível em: <<https://physlets.org/tracker/>>. Acesso em: 29-11-2017.

CARVALHO, P. S.; BRIOSA, E.; RODRIGUES, M.; PEREIRA C.; ATAÍDE, M. **How to Use a Candle to Study Sound Waves**: The Physics Teacher, 51, 398. (2013). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1119/1.4820847>>.

CAVALCANTE, M. A.; BONIZZIA, A.; GOMES, L. C. P. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.30, 2501, 2008.

D'AMBRÓSIO, U. **Novos paradigmas de atuação e formação de docente**. In: PORTO, Tânia (org.). **Redes em construção: meios de comunicação e práticas educativas**. São Paulo: JM. p. 55-77, 2003.

DIAS, Marco; CARVALHO, Paulo; VENTURA, Daniel; RODRIGUES, Marcelo; FERNANDES, Gabriela; GASPAR, Marcos. **The behaviour of the centre of mass in a ballerina while performing a Grand Jeté**. Physics Education, Volume 53, Number 2 (2018).

EPEF 2018, <<http://www.sbfisica.org.br/~epef/xvii/index.php/pt/>> acessado em 02/11/2018

ERROBIDART, Hudson Azevedo; GOBARA, Shirley Takeco; PIUBELLI, Sergio Luiz; ERROBIDART, N'adia Cristina Guimaraes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 1507 (2014).

HELOU, R. D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. **Física**. São Paulo: Editora Saraiva, Vol. 1, 448p., 2010.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**. Brasília. Ed. UnB, 1999a.

MOREIRA, M. A. **Uma Abordagem Cognitivista ao Ensino da Física**. Porto Alegre, Ed. da Universidade, UFRGS, 1983

PIAGET, J. **A equilibração das Estruturas Cognitivas**. São Paulo: Melhoramentos/Edusp, 1976

PIAGET, J. **Fazer e compreender**. São Paulo: Melhoramentos/Edusp, 1978

RAMALHO, J. R.; NICOLAU, G.; TOLEDO, P. A. S. **Os Fundamentos da Física 1 – Mecânica**. São Paulo: Editora Moderna, Vol. 1, 498p, 1999.

ROCHA, F. S. da.; GUADAGNINI, P. H. **Sensor Sonar de Movimento para Ensino de Física Experimental**. Latin-American Journal of Physics Education, v. 4, p. 306-315, 2010.

SANTAELLA, L. **A aprendizagem ubíqua substitui a educação formal?** Revista de Computação e Tecnologia da PUC-SP.

SERAFIM, M. L.; SOUSA, R. P. **Multimídia na educação: o vídeo digital integrado ao contexto escolar**. In.: SOUSA, R. P.; MIOTA, F. M. C. S. C.; e CARVALHO, A. B. G. (orgs.).

SIRISATHITKUL, C.; GLAWTANONG, P; EADKONG, T.; SIRISATHITKUL; Y. **Digital video analysis of falling objects in air and liquid using Tracker**. Revista Brasileira de Ensino, v. 35, n. 1, 1504, 2013.

VENTURA, Daniel; DIAS, Marco; CARVALHO, Paulo. **Standing Waves in an Elastic Spring: A Systematic Study by Video Analysis**. The Physics Teachers Vol. 55, 2017.

VIEIRA, L. P.; AMARAL, D. F.; LARA, V.O.M. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 1504 (2014).

Vygotsky, Lev. **Pensamento e Linguagem**, SP: Martins Fontes (tradução da versão resumida norte-americana), (1987).

Vygotsky, Lev. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**, SP: Ícone/EDUSP al. (1988).

**APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**UMA ABORDAGEM NO ENSINO DE MECÂNICA UTILIZANDO O TRACKER**

Parte integrante da dissertação de Mestrado da apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Viçosa.

Autores:

Gregori Alexandre Gordiano  
(Mestrando em Ensino de Física)

Professor Daniel Rodrigues Ventura  
(Orientador)

Viçosa /MG  
2019

## APRESENTAÇÃO

Esse material trata-se de um produto educacional, fruto de um trabalho desenvolvido com alunos da primeira série do ensino médio numa escola pública federal e de trabalhos que possam ser utilizados no estudo de mecânica. Tem como objetivo principal, servir de suporte para os professores de física que desejam ensinar mecânica usando recursos modernos como o smartphone e a videoanálise com o Tracker. Com os instrumentos de ensino propostos aqui, os discentes poderão aprender de forma clara e aplicada os conceitos envolvidos no tema estudado.

O professor encontrará as orientações para execução das atividades com uma abordagem sequencial didática de maneira investigativa que busca favorecer o aprendizado do aluno, o envolvendo na discussão de forma interativa e tornando-o mais ativo. O discente será instigado a observar cada etapa dos fenômenos, fazer suas previsões e nas discussões interagir com os colegas e com os outros grupos, executar experimentos virtuais propostos nas aulas e encontrar respostas para situações do cotidiano, por meio da construção de experimentos. Após a sequência de atividades, concluir e explicar os fenômenos com base nas discussões e resultados.

O professor ainda contará tutoriais escritos explicando o uso da videoanálise com o Tracker e com link de vídeos no Youtube, elaborados pelo autor, explicando cada passo das principais atividades objeto desta dissertação de mestrado acadêmico em física.

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução ao produto educacional</b>	<b>73</b>
<b>1.1. Utilização do tracker para auxílio em aulas de Mecânica</b>	<b>73</b>
<b>2. Tutorial de Uso do Tracker aplicado em Atividades de Mecânica</b>	<b>77</b>
<b>2.1 Tutorial e Manual de Apoio do: Movimento Retilíneo Uniforme do Carrinho</b>	<b>77</b>
<b>2.1.1 Tutorial: Movimento Retilíneo Uniforme do carrinho</b>	<b>77</b>
<b>2.1.2 Manual de Apoio do: Movimento Retilíneo Uniforme do carrinho</b>	<b>78</b>
<b>2.2 A queda livre de um objeto com o vídeo na horizontal</b>	<b>80</b>
<b>2.3 Tutorial do Movimento do Pêndulo WF</b>	<b>90</b>
<b>2.3.1 Tutorial do Movimento de oscilação transversal na direção Y do Pêndulo WF</b>	<b>90</b>
<b>2.3.2 Tutorial do Movimento de oscilação rotacional do Pêndulo WF</b>	<b>90</b>
<b>3. Considerações finais</b>	<b>91</b>

## **1. Introdução ao Produto Educacional**

### **Uma Abordagem Investigativa Para Aprendizagem De Mecânica No Ensino Médio Utilizando Videoanálise**

Para divulgar no meio acadêmico as atividades e facilitar o acesso de professores que não terão este trabalho e produto e em mãos foram confeccionados vídeos instrutivos de uso do Tracker nestas atividades, as quais fizemos o passo a passo.

#### **1.1. Utilização do tracker para auxílio em aulas de Mecânica.**

Aqui apresentaremos uma abordagem de ensino visando melhorias na aprendizagem da física na educação básica, nas escolas públicas do nosso país, dentro das limitações do professor em seu tempo de dedicação ao preparo das aulas e levando em conta a escassez de recursos instrumentais e de espaço físico. Assim, proporemos atividades que visem um envolvimento do estudante e com uma abordagem experimental para o estudo da física na 1ª série do ensino médio, utilizando recursos modernos e gratuitos disponíveis e também a utilização de softwares livres e o uso de aparelhos smartphones para registro dos experimentos em vídeos e uma posterior compreensão dos resultados com a videoanálise utilizando o software Tracker (2017).

Com o intuito de ajudar o professor foi feito um tutorial onde apresentaremos ao professor um passo a passo que irá abordar três experimentos distintos, que achamos serem úteis para dar autonomia para que possam elaborar o seu material didático, este tutorial é apresentado aqui em imagens, mas está disponível em vídeo na rede pelo canal YouTube.

As instruções são orientações para o uso do material mesclado com o método, onde a videoanálise é realizada usando o Tracker (2017). O trabalho é realizado com pequenos grupos de 2 ou três estudantes por computador, no laboratório de informática, em outros espaços não formais de ensino dentro da escola e até mesmo fora dela, em quadras, ruas e gramados.

Após a filmagem dos experimentos, o software Tracker (2017) é o nosso instrumento de investigação capaz de possibilitar a análise de imagem e vídeo. Este software é uma ferramenta de modelagem criada com base na biblioteca de código

Java do Open Source Physics, disponível gratuitamente na rede para todas plataformas, Windows, Linux e IOS, podendo ser baixado no seguinte endereço <https://physlets.org/tracker/> .

Após a filmagem, os arquivos são inseridos pelos estudantes, nos computadores para que realizem a análise de vídeo. Junto de um vídeo inserido na plataforma, o estudante é capaz de demarcar toda a trajetória de qualquer objeto macroscópico e observar as diversas variações que compõe esse deslocamento. Entre os recursos incluem rastreamento de objetos com sobreposição de posição, velocidade, aceleração e a construção destes gráficos e posterior ajuste usando diversas funções inclusas no sistema. Ajustes de efeitos especiais, como a construção de imagens estroboscópicas e a sincronização de movimentos múltiplos quadros de referência, pontos de calibração e perfis de linha para análise de espectros e padrões de interferência são possíveis. Ele é projetado para ser usado por em laboratórios de física universitários introdutórios e palestras.

Podemos usar vídeos experimentais, vídeos confeccionados pelos próprios estudantes ou confeccionar vídeos utilizando o telefone portátil para movimentos simples, ou com câmeras com melhores resoluções e com melhor captação de frames por segundo para experimentos mais elaborados, podemos iniciar os estudos de mecânica, analisando como variam posições, velocidade em função do tempo, analisar os gráficos e compreender as equações. Pode se analisar movimentos reais de objetos que se deslocam no espaço, como a de queda de uma simples bola colorida, o movimento de um carro na rua, um avião ou até mesmo o estudo dinâmico de situações mais complexas como um pêndulo de Wilberforce

Após a escolha do vídeo a ser analisado, temos de escolher o manual de apoio para o aluno a ser confeccionado de acordo com o conteúdo a ser explorado, pois é sabido que a escolha de um manual de apoio para o aluno adequado é de vital importância para o desenvolvimento da aula.

No manual de apoio para o aluno, utilizado nas aulas, podemos encontrar o exemplo m) de um experimento que foi aplicado em sala. Neste manual de apoio devem estar contidos os principais passos. Numa primeira atividade aplicada, do movimento uniforme, foi feito um manual com uma maior riqueza de detalhes, por ser a primeira aula no laboratório e ser o primeiro contato do aluno com o programa. Nele há desde a abertura do programa, maneira de inserir o vídeo e todas as ações que o aluno deve ter diante do computador, assumindo que o aluno já tem um conhecimento

prévio em informática, mas alunos com dificuldades em uso do computador devem sempre sentar junto de outros que tenham domínio ou serem mais assistidos pelos monitores e professores.

O Tracker é capaz de substituir por pontos as posições sucessivas de uma marca feita no objeto, independente do instante de tempo do vídeo, ou seja, ele identifica um objeto como um ponto e irá gerar uma tabela que contenha as posições, velocidade e acelerações nas duas dimensões do plano no movimento em função do tempo a partir da filmagem quadro a quadro realizada e escolhendo automaticamente em que frequência foi filmada.

Na elaboração das orientações para a execução das atividades, um roteiro de maneira semiaberta (Borges - 2002), deve ser levado em consideração esses dados obtidos com a vídeo análise e conduzir uma discussão dentro da teoria proposta pelo Delisoicov 1994, separando a investigação científica em três etapas: 1. Problematização inicial, onde se faz as previsões; 2. Organização do conhecimento, a partir da observação busca o entendimento do fenômeno envolvido e 3. Aplicação do conhecimento, onde será usado o recurso da análise da filmagem para entender melhor o fenômeno e buscar explicação para o mesmo, abrindo a possibilidade de extrapolar para outras aplicações no seu cotidiano com formalismo literal e aplicações

Assim o questionamento, a discussão da resposta dada, o envolvimento com experimento de forma descontraída e a construção do conhecimento são de fundamental importância para uma aprendizagem (Delisoicov 1994). Posteriormente, com o conhecimento gerado, pode-se comparar as equações obtidas pela videoanálise com a equação contida nos livros didáticos e desta forma, o aluno poderá interpretar melhor os fenômenos associando as equações ao evento físico.

Considerando que cada aprendiz, no caso o aluno, já traz consigo um conhecimento prévio, de acordo com Ausubel evidenciado na obra de Marcos a Moreira “Subsídios teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências” cabe a atividade realizar as conexões para que o conhecimento construído seja duradouro. Assim, no manual de apoio e na condução pelo tutor deve se atentar para que o aluno possa associar o novo conhecimento adquirido com a sua concepção prévia sobre o conteúdo.

Já sabendo das habilidades foco da atividade, o professor planeja a elaboração do experimento, sua filmagem e ao realizar uma primeira análise teste elabora o manual com as orientações de execução e questionamentos baseados numa

sequência provável para que se construa o conhecimento gradativamente. A assimilação e a acomodação desses conteúdos serão fatores necessários para que o aprendiz consiga ter um acréscimo de conteúdo na sua estrutura cognitiva inicial. Como já foi analisado por Piaget evidenciado na obra de Marcos a Moreira “Subsídios teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências” são conteúdos cruciais para a Equilibração Majorante do aprendiz.

## 2. Tutorial de Uso do Tracker aplicado em Atividades de Mecânica

### 2.1 Tutorial e Manual de Apoio do: Movimento Retilíneo Uniforme do carrinho

#### 2.1.1 Tutorial: Movimento Retilíneo Uniforme do carrinho

O vídeo do estudo do movimento do carrinho a pilha pode ser acessado através do link: <https://youtu.be/137ZKGTPWkw>



Ou o QR Code:

Título da página – Tutorial do Tracker para o Professor de física - MRU

Descrição do vídeo: Este vídeo do movimento retilíneo uniforme, na horizontal de um carrinho de controle remoto. É um tutorial para auxiliar o professor de física, na obtenção de dados de experimentos Físicos, utilizando o software Open Source - "Tracker".

O estudo desse movimento foi abordado no capítulo 3 dessa dissertação.

## 2.1.2 Manual de Apoio do: Movimento Retilíneo Uniforme do carrinho

### Colégio de Aplicação COLUNI- UFV – Física Experimental – 1ª Série – 2017 MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU) COM TRACKER

Nome: \_\_\_\_\_ N: \_\_\_\_\_ T: \_\_\_\_\_

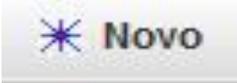
Nome: \_\_\_\_\_ N: \_\_\_\_\_ T: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ N: \_\_\_\_\_ T: \_\_\_\_\_

#### OBJETIVOS:

- Avaliar um movimento retilíneo uniforme com o Tracker;
- Verificar as características do movimento uniforme;
- Interpretar gráficos que envolvam posição, velocidade e tempo;

#### PROCEDIMENTO:

1. Abra o *software* Tracker.
2. Insira o vídeo a ser analisado indicado pelo professor.
3. Defina a origem do seu sistema de coordenadas. Para isso, clique no ícone  e arraste a origem do sistema de coordenadas até ficar sobre a bola. Em seguida, clique novamente no ícone para ocultar o sistema de coordenadas.
4. Calibre as distâncias medidas no vídeo. Para definir a escala do vídeo clique no ícone semelhante ao do lado e selecione a opção fita de calibração. Utilize a fita de calibração no plano onde foi feita a filmagem, use uma referência conhecida, colocando o valor em metros. Feito isso, clique novamente no ícone para ocultar a fita de calibração.
5. Adicione marcadores ao vídeo para marcar a posição em cada instante. Para fazer isso, clique NOVO e selecione Ponto de Massa. Se você observar do lado direito, aparecerá um gráfico x versus t (posição vs. tempo). Para marcar o ponto que irá acompanhar, segure a tecla SHIFT e clique sobre o ponto a cada novo quadro durante a mudança sucessiva de quadros, a medida que o vídeo avançar.  em
6. Note que sua posição e o tempo serão mostrados à direita em uma tabela e no gráfico. Continue marcando até atingir a extremidade direita da pista.
7. Analise o gráfico x vs t. Dê duplo clique sobre o gráfico, uma nova janela será aberta, nela clique em Analisar e em Ajustes de Curva usando a função adequada.
8. Anote os valores dos coeficientes  $A = \underline{\hspace{2cm}}$  e  $B = \underline{\hspace{2cm}}$ .
9. Observe o gráfico gerado e descreva que tipo de função que descreve este gráfico x vs t?

.....

10. Em geral, o que o coeficiente A e B do gráfico  $x$  vs  $t$  representam?  
(Considere suas unidades. Sua resposta deve ser uma sentença, não somente números.)

.....

11. O que mudaria no gráfico se o carrinho tivesse maior velocidade?

.....

12. Volte a janela principal e clique com o botão direito no gráfico sobre o eixo  $x$ , selecione Vx: Componente x da velocidade. Mude o intervalo do eixo de  $V_x$  para ir de -1 até 2. Dê duplo clique sobre o gráfico  $V_x$  vs  $t$ , uma nova janela será aberta, clique em Analisar, e selecione Ajuste de Curva.

O que obtém para  $A =$  \_\_\_\_\_ e  $B =$  \_\_\_\_\_.

Agora o que significa?.....

.....

.....

.....

13. Matematicamente, que tipo de função descreve a posição em função do tempo no movimento analisado?

.....

## 2.2 A queda livre de um objeto com o vídeo na horizontal

O outro vídeo tutorial é o do movimento de queda de um objeto. Também disponibilizado no Youtube e pode ser acessado através do link: [https://youtu.be/EM\\_psjMqG5k](https://youtu.be/EM_psjMqG5k).



Ou o QR Code:

Título da página – Tutorial do Tracker para o Professor de física - MUV

Descrição do vídeo: Este é um vídeo de uma queda livre de um objeto, a filmagem foi analisada na horizontal. É um tutorial para auxiliar o professor de física, na obtenção de dados de experimentos Físicos, utilizando o software Open Source - "Tracker".

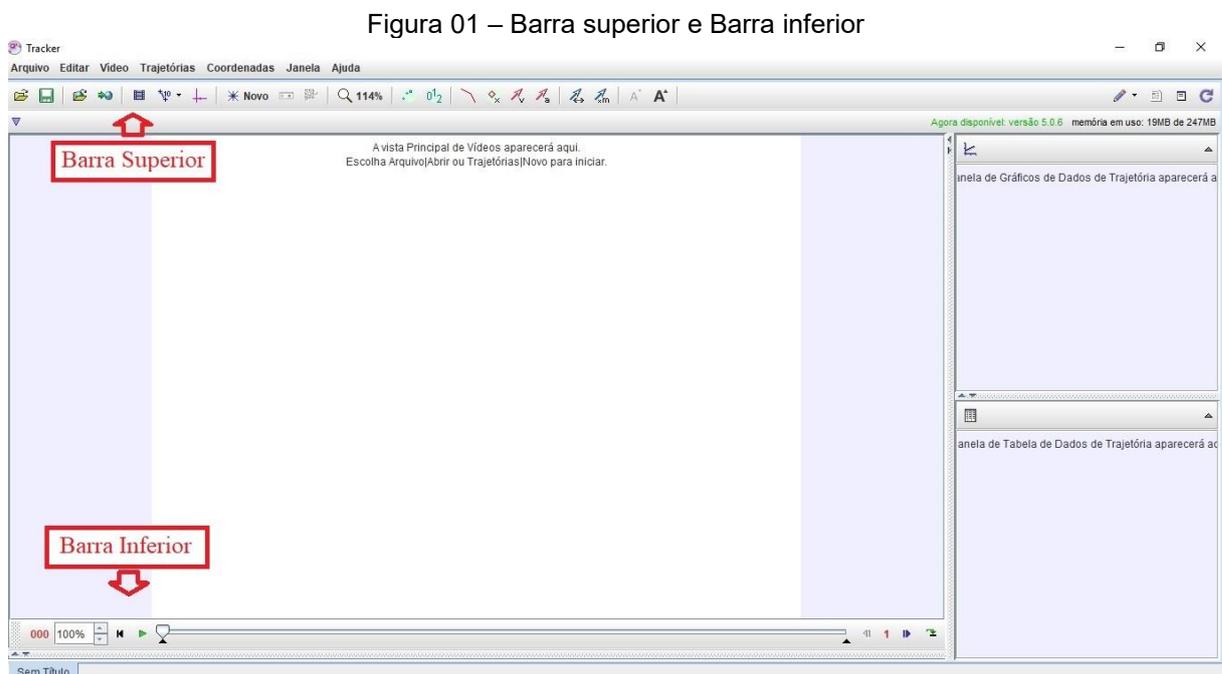
Esse tutorial mostra ao professor como extrair os dados de posição em função do tempo de um objeto em queda livre, com o vídeo disposto com o movimento na horizontal, não parecendo um objeto em queda.

Foi realizada a filmagem do movimento de queda de um objeto pelo próprio autor, a partir da câmera de um smartphone simples, o que permitiu analisar o movimento e obter os dados de posição do objeto ao longo do vídeo. O vídeo é de poucos segundos, assim como a maioria, mas pode se obter gráficos com muitos pontos, pois obtemos muitos frames por segundo, mesmo filmando a 30 frames por segundo.

Embora o vídeo não apresenta uma boa resolução, o que dificulta a aquisição de dados, mas não a inviabiliza. Este tutorial tem como intuito mostrar ao professor que é possível trabalhar em atividades e extrair dados de experimentos, mesmo quando a qualidade do vídeo é pequena. Utilizamos esse vídeo para extrair valores das posições e velocidade do objeto ao longo de seu percurso e descobriremos que tipo de movimento ele representa.

Este é um conteúdo que geralmente é abordado no início do 1º bimestre do ano letivo em uma turma do 1º ano do ensino médio. Para a aquisição da posição do “Objeto” em relação ao instante de tempo, para a análise desses dados foram utilizados os seguintes passos:

Passo 1: Inserir o vídeo a ser analisado, pela barra de tarefas superior clicamos no ícone abrir e localizamos o vídeo que queremos analisar. Podemos também ir na pasta onde contém o vídeo e arrasta-lo para a janela inicial do programa. Figura 01

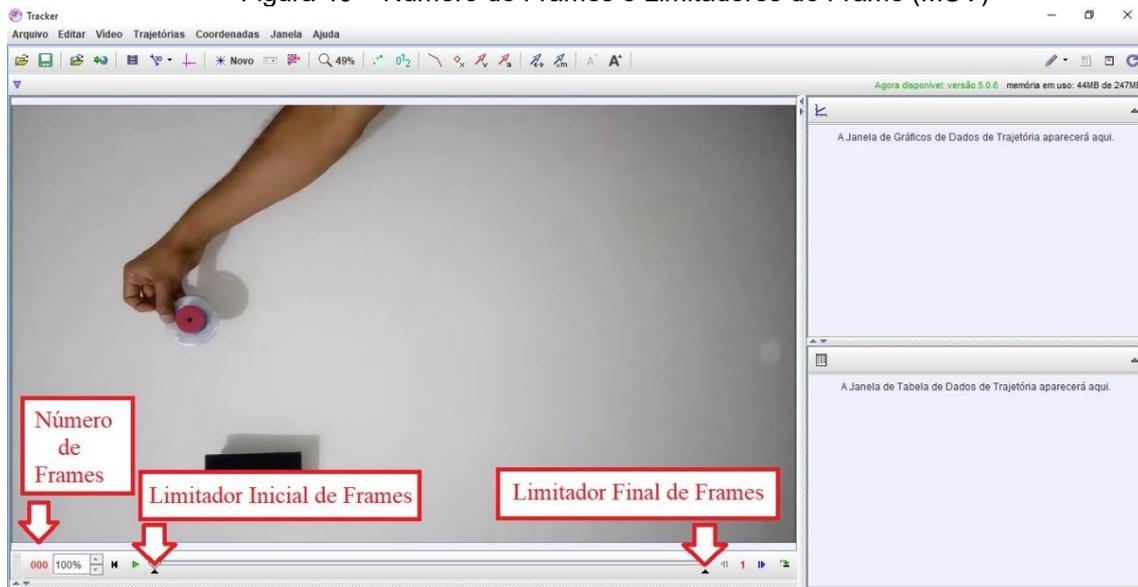


Fonte: O Autor (2019)

Passo 2: Na barra de ferramentas inferior utilize o play para conferir se foi selecionado o vídeo correto.

Passo 3: Na barra de ferramentas inferior utilize o botão (triângulo Preto) para limitar os frames inicial e final do vídeo (representado pelos números em vermelho a esquerda na barra inferior) Figura 40. Essa ferramenta é utilizada para que limitemos o intervalo do vídeo a ser analisado, evitando então uma aquisição de dados além do necessário que implicaria em mais tempo.

Figura 40 – Número de Frames e Limitadores de Frame (MUV)

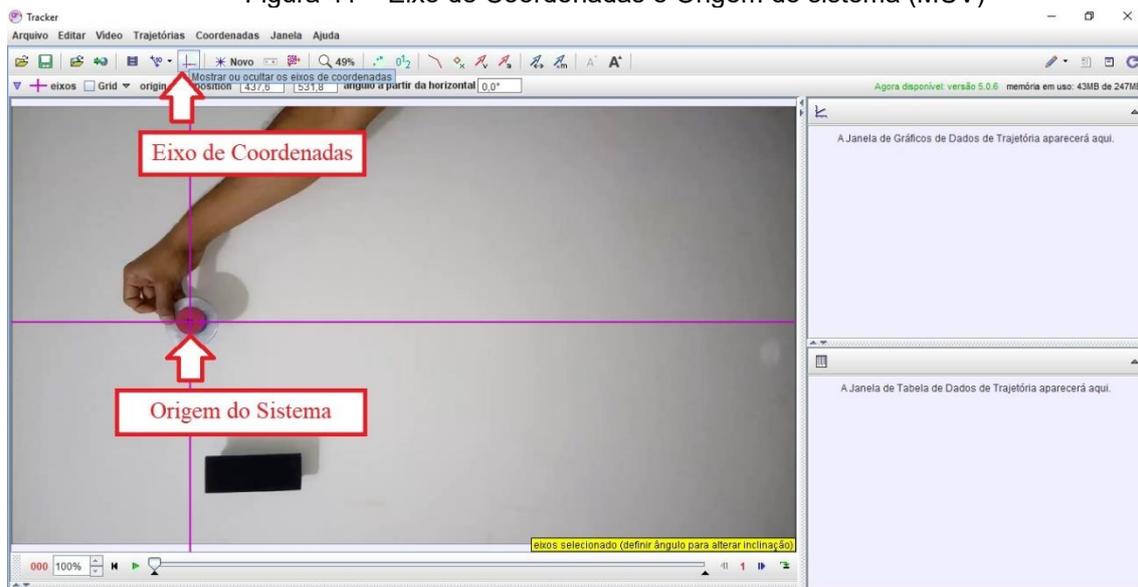


Fonte:

O Autor (2019)

Passo 4: Na barra de ferramentas superior, click em eixo de coordenadas e defina a origem do sistema de coordenadas. Como nesse caso o vídeo analisado foi um movimento uniformemente variado, então optamos por escolher a origem do sistema sendo o local em que o ponto “parte em destaque” Figura 41 (utilizado no passo 8 dessa análise) comece a se movimentar livremente.

Figura 41 – Eixo de Coordenadas e Origem do sistema (MUV)

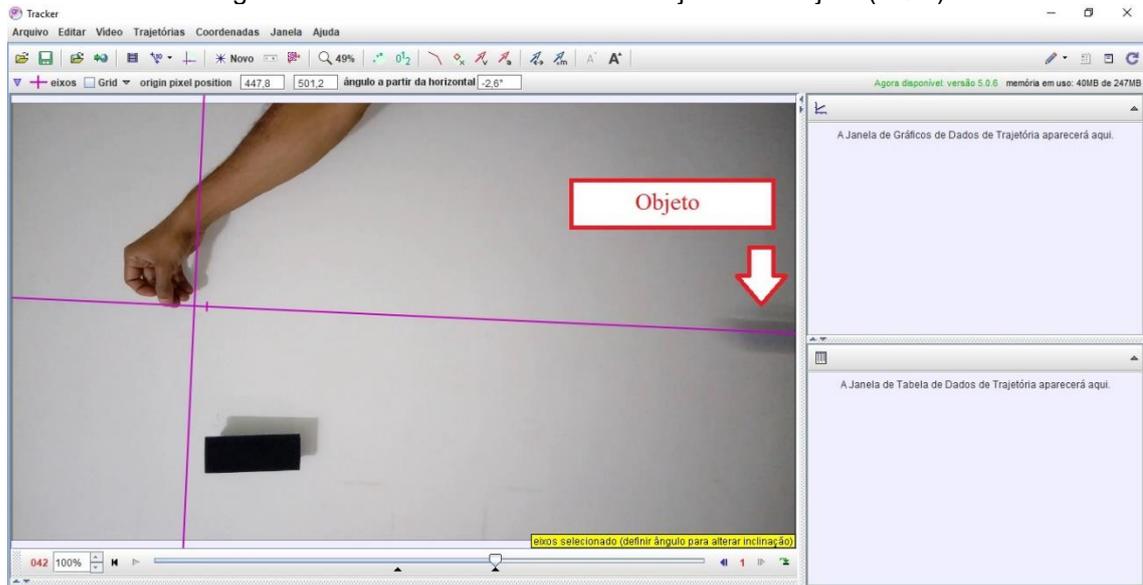


Fonte:

O Autor (2019)

Passo 5: Alinhe o eixo de coordenadas, de acordo com a trajetória do objeto.  
Figura 42

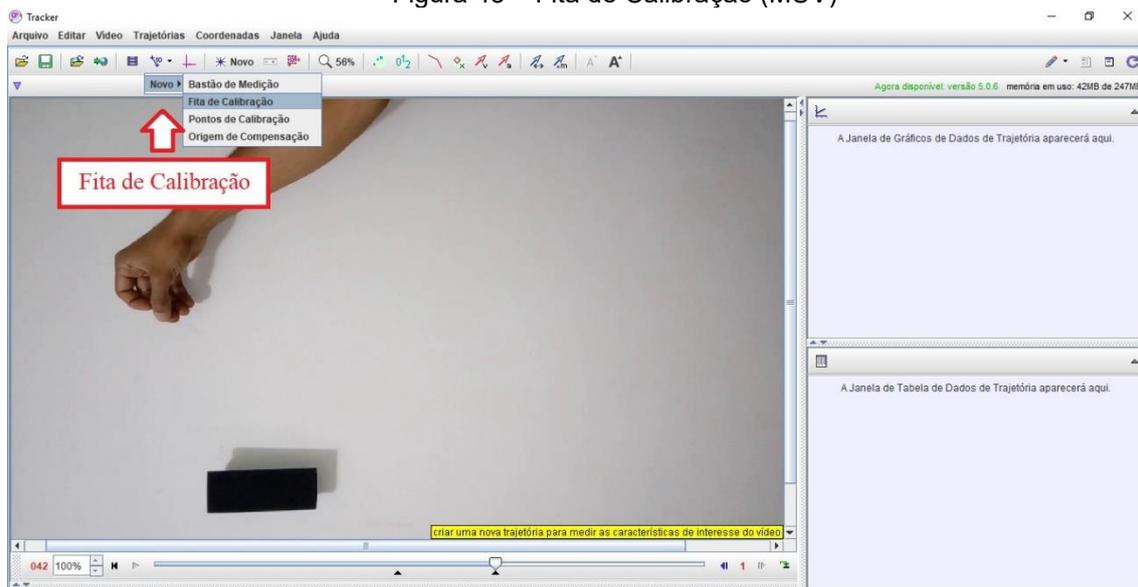
Figura 42 – Alinhamento eixo com a trajetória do objeto (MUV)



Fonte: O Autor (2019)

Passo 6: Na barra de ferramentas superior, vá em fita de calibração Figura 43 para ajustar a escala do vídeo, utilizando de um objeto de tamanho conhecido e com sua unidade de medida em metros, nesse caso utilizamos um apagador de comprimento 0,14 m afixado que foi previamente afixado na parede.

Figura 43 – Fita de Calibração (MUV)

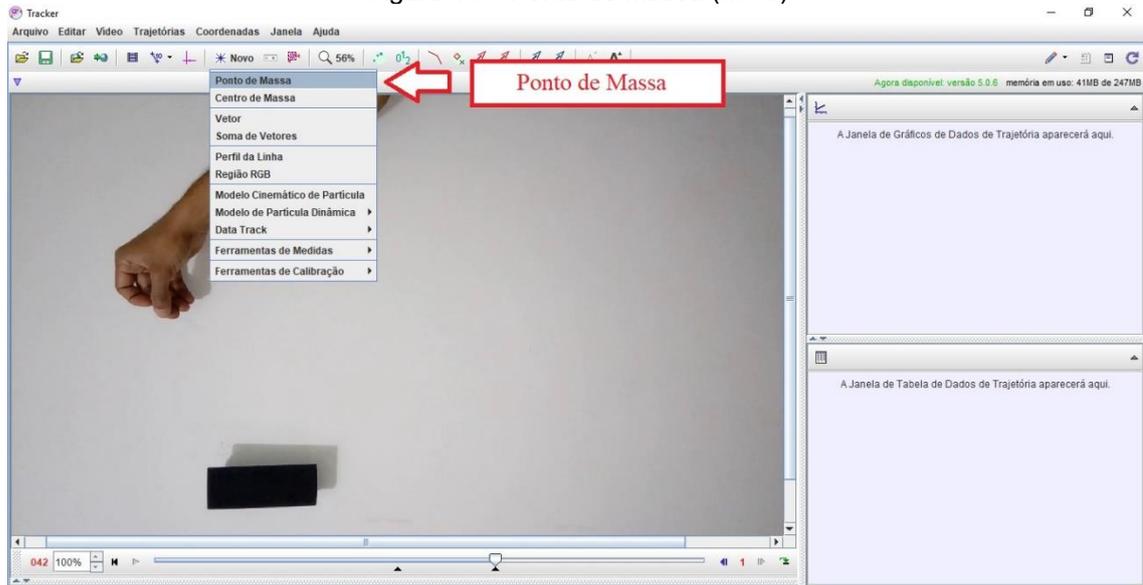


Fonte:

O Autor (2019)

Passo 7: Na barra de ferramentas superior, click em: NOVO -> Ponto de Massa, Figura 44 para relacionar a posição do objeto com o tempo. Nesse passo começamos o processo de aquisição de dados.

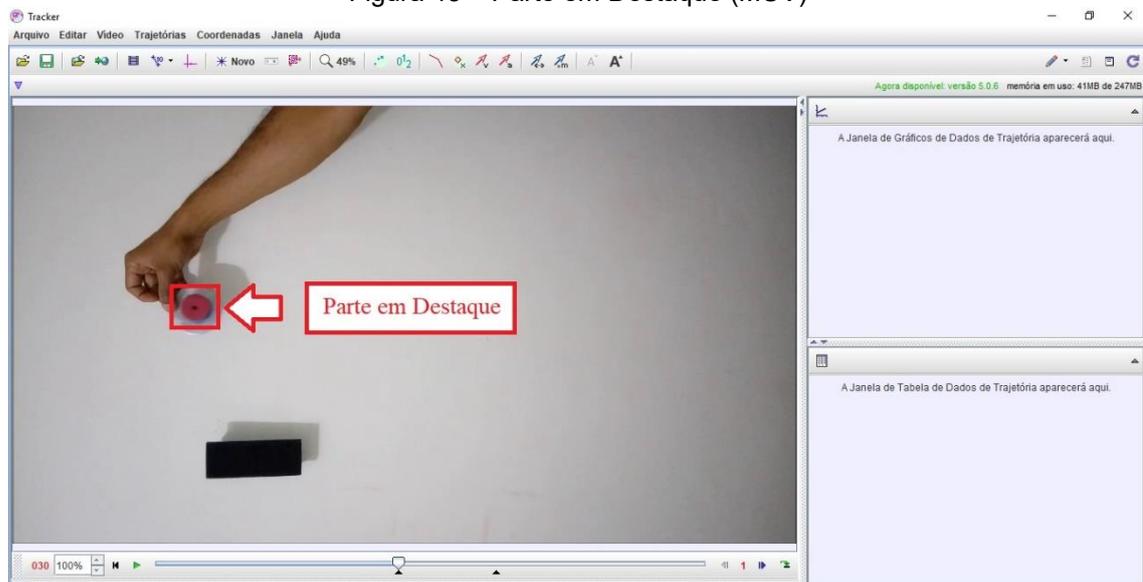
Figura 44 – Ponto de Massa (MUV)



Fonte: O Autor (2019)

Passo 8: Como nesse caso o vídeo analisado não tinha uma boa resolução, temos então que utilizar então apenas a tecla: Shift sobre uma “parte em destaque” que deseja analisar, continue clicando nessa “parte em destaque” Figura 45 até o término do intervalo do vídeo a ser analisado.

Figura 45 – Parte em Destaque (MUV)

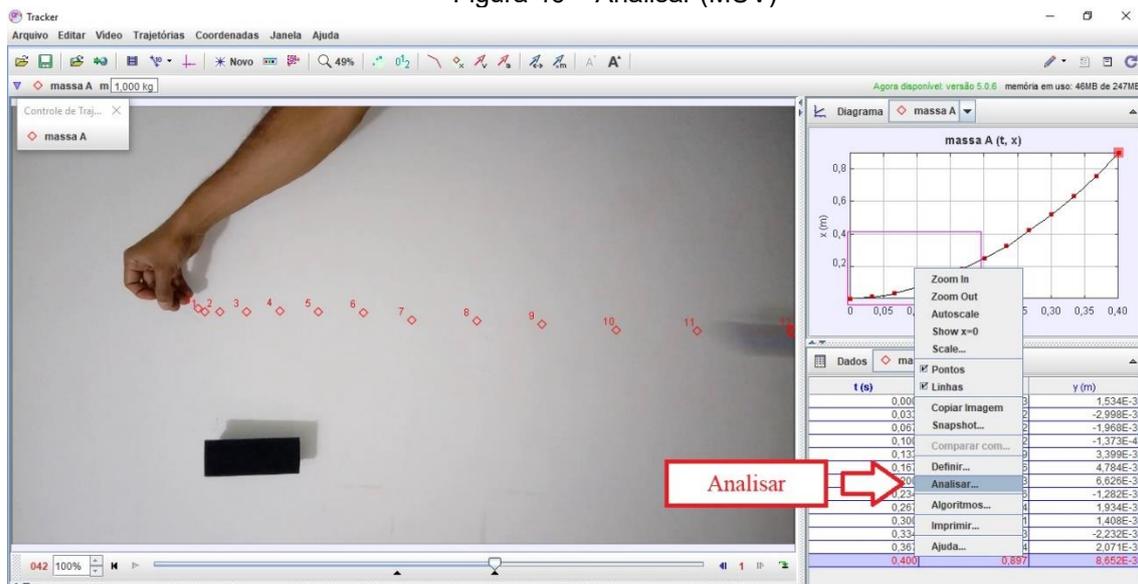


Fonte: O Autor (2019)

Passo 9: Quando terminar a análise dos pontos necessários clique em fechar

Passo 10: Agora que os dados da filmagem foram coletados certifique-se que a escala do gráfico gerado está em X “componente x da posição” para obtermos o gráfico da posição em relação ao tempo e então clique com o botão direito do mouse no gráfico e vá em: Analisar Figura 46

Figura 46 – Analisar (MUV)

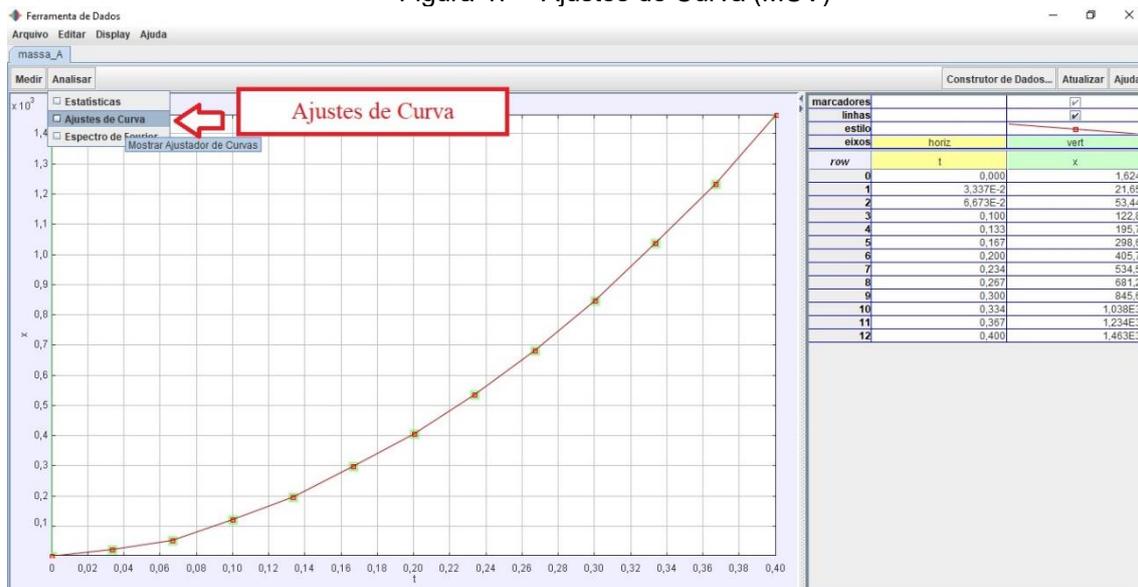


Fonte:

O Autor (2019)

Passo 11: Na janela que foi aberta clique em: “Analisar” -> “Ajustes de curva”  
Figura 47, para escolher uma curva “equação” baseado no gráfico obtido. |

Figura 47 – Ajustes de Curva (MUV)



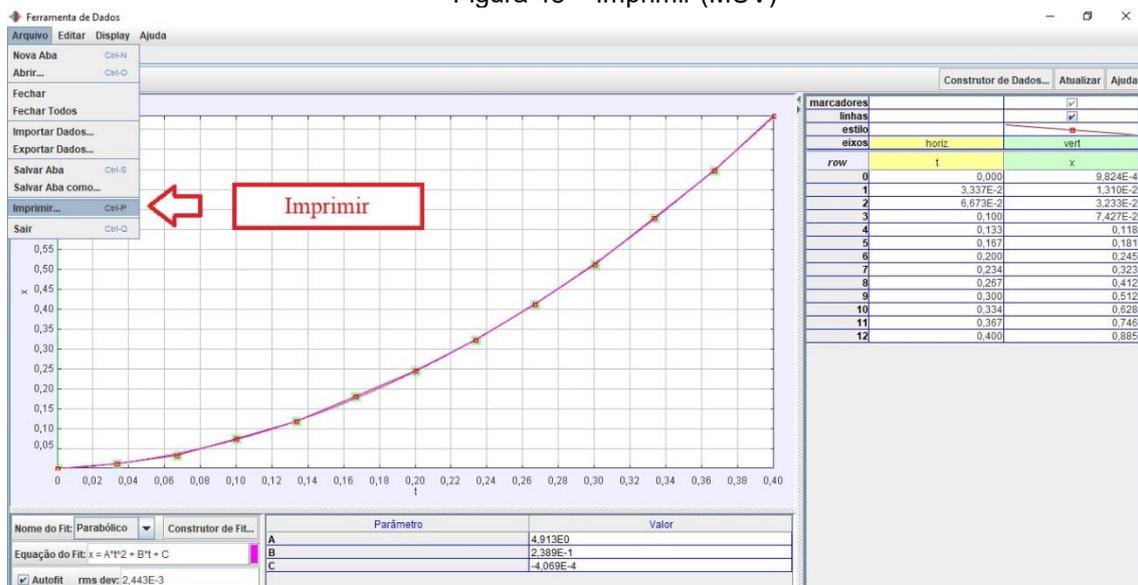
Fonte:

O Autor (2019)

Passo 12: Altere a cor dos pontos para um melhor contraste

Passo 13: Dentro da própria janela da curva obtida vá em “Arquivo” -> “Imprimir”  
 Figura 48 para salvar a imagem da curva. Depois vá em “Arquivo” -> “Exportar Dados”  
 Figura 49 para salvar os dados obtidos caso queira analisa-los em outros programas de análise de gráficos.

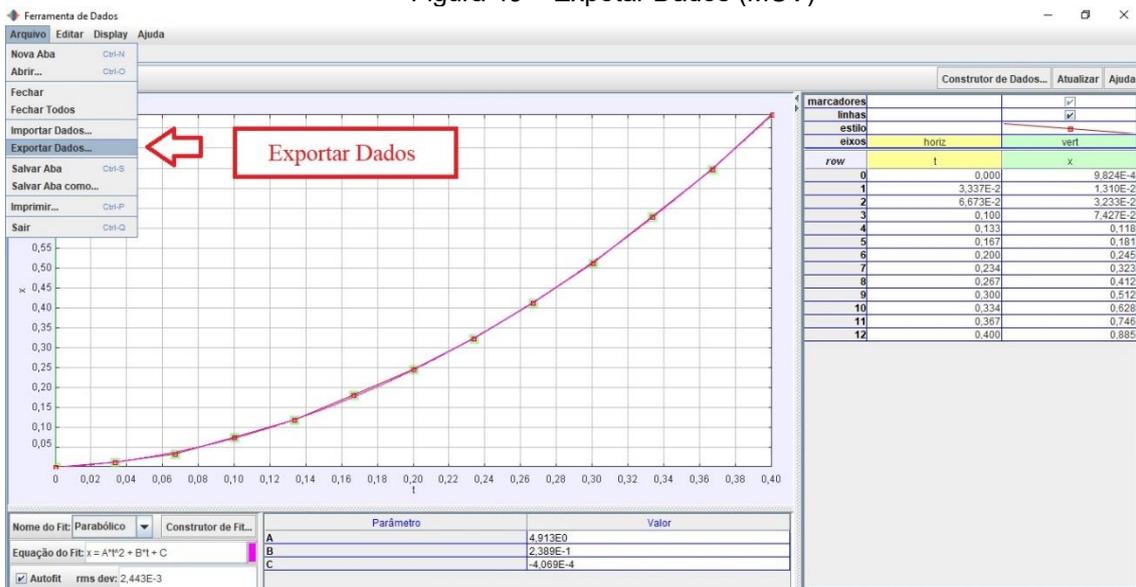
Figura 48 – Imprimir (MUV)



Fonte:

O Autor (2019)

Figura 49 – Expotar Dados (MUV)

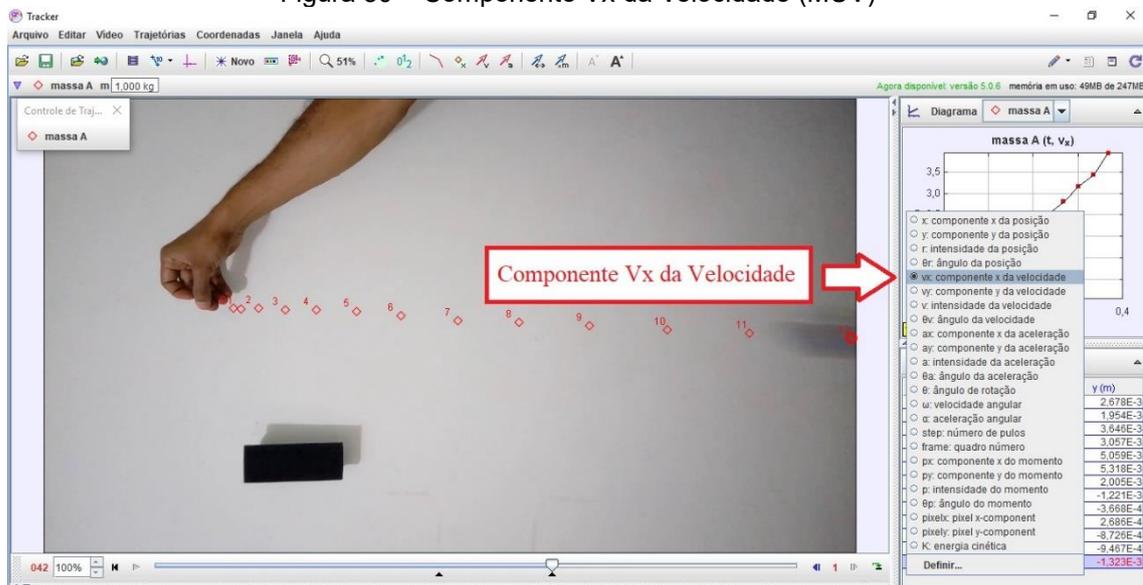


Fonte:

O Autor (2019)

Passo 14: Feche a janela do gráfico “Ferramenta de Dados” e vá para a janela principal do tracker e mude o valor da escala no gráfico de X (componente x da posição) para Vx (componente x da velocidade). Figura 50. Para obtermos o gráfico da velocidade do objeto em relação ao tempo.

Figura 50 – Componente Vx da Velocidade (MUV)



Fonte: O Autor (2019)

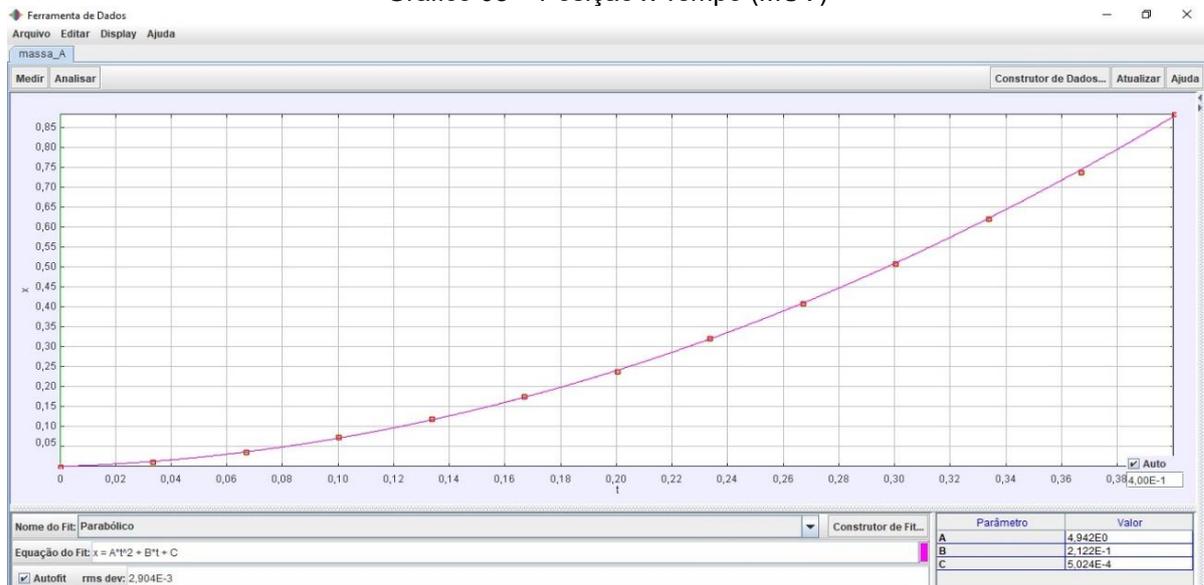
Passo 15: Na janela que foi aberta clique em: “Analisar” -> “Ajustes de curva”, para escolher uma curva “equação” baseado no novo gráfico obtido, justamente como foi feito no passo 11.

Passo 16: Dentro da própria janela da curva obtida, vá em: “Arquivo” -> “Imprimir” pra salvar a imagem da curva ou em “Arquivo” -> “Exportar Dados” para salvar os dados obtidos ou caso queira analisa-los em outros programas de análise de gráficos. Assim como feito no Passo 13

Nesse caso observamos como resultado dois gráficos.

O primeiro Gráfico o da posição do objeto pelo intervalo de tempo Gráfico 08, como sendo uma parábola originada de uma equação de segundo grau ( $Y = ax^2 + bx + c$ ), onde  $a = 4,942$ ;  $b = 0,2122$ ;  $c = -0,0005024$ . Que é semelhante a equação horaria da posição para um movimento uniformemente variado, ( $S = S_0 + V_0t + (at^2)/2$ ).

Gráfico 08 – Posição x Tempo (MUV)

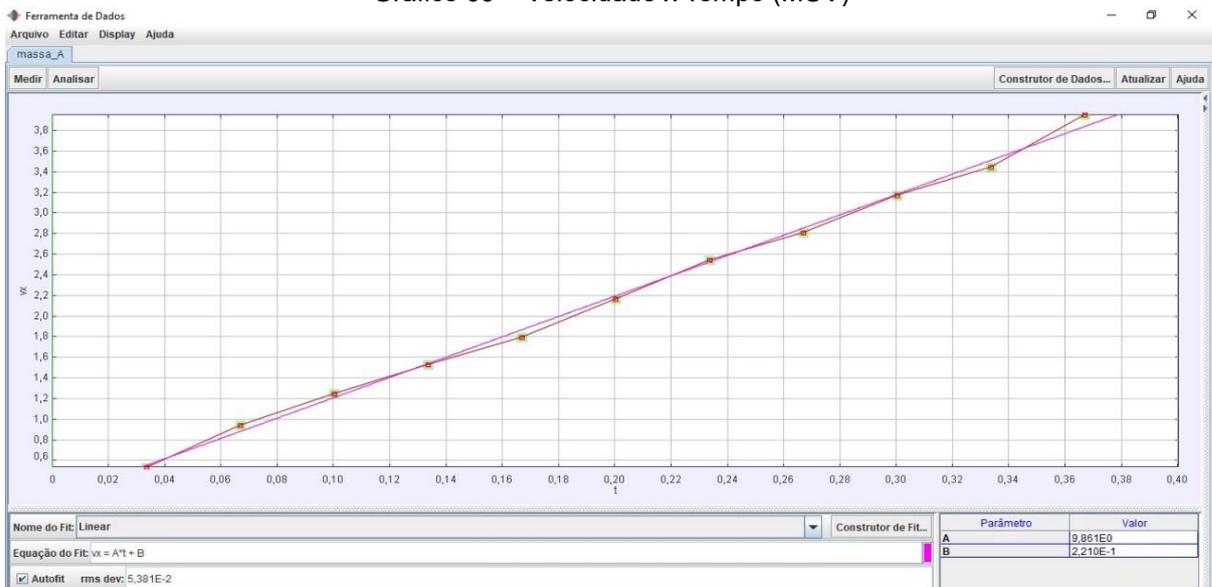


Fonte: O Autor (2019)

Fazendo a relação entre as duas equações, temos que a posição inicial  $S_0$  se relaciona com  $c$  então  $S_0 = -0,0005024$  m; A velocidade se relaciona com  $b$  então  $V_0 = 0,2122$  m/s; A aceleração encontramos um valor  $a = 9,884$  m/s<sup>2</sup>

Observamos que também é gerada uma reta no gráfico da velocidade pelo intervalo de tempo Gráfico 09 , como sendo uma reta originada de uma equação do primeiro grau ( $Y = ax + b$ ), onde  $a = 9,86$ ;  $b = 0,221$ ; Que é semelhante a equação horaria da velocidade para um movimento uniformemente variado, ( $V = V_0 + at$ ).

Gráfico 09 – Velocidade x Tempo (MUV)



Fonte: O Autor (2019)

Fazendo a relação entre as duas equações temos que a velocidade se relaciona com b então  $V_0 = 0,221 \text{ m/s}$ ; A aceleração encontramos um valor  $a = 9,86 \text{ m/s}^2$

Notamos que a gravidade em ambos os casos são valores semelhantes com valores muito próximos da realidade e podemos considerar como imprecisão entre os dois valores pode ser proveniente da má qualidade da imagem do vídeo ou da pouca quantidade de dados coletados.

Essa é uma atividade viável de se aplicar em atividade de laboratório extraclasse, pois é uma atividade de pouca duração, pode ser feito com vídeos simples que os próprios alunos possam confeccionar e apresenta como resultado valores muito próximos a realidade.

## 2.3 Tutorial do Movimento do Pêndulo WF

### 2.3.1 Tutorial do Movimento de oscilação transversal na direção Y do Pêndulo WF

O outro vídeo tutorial é o do movimento de oscilação transversal na direção Y do pêndulo de WF. Também disponibilizado no Youtube e pode ser acessado através do link: Análise frontal que pode ser acessado pelo link: <https://youtu.be/cJuEcHuzRxo>



Ou o QR Code:

Título da página – Tutorial do Tracker para o Professor de Física – Wilberforce (Frontal)

Descrição do vídeo: Esse tutorial mostra ao professor como extrair os dados de posição de um corpo rígido preso por uma mola, um experimento conhecido como Pêndulo de Wilberforce. É um tutorial para auxiliar o professor de física, na obtenção de dados de experimentos Físicos, utilizando o software Open Source - "Tracker".

O estudo desse movimento foi abordado no capítulo 4 dessa dissertação.

### 2.3.2 Tutorial do Movimento de oscilação rotacional do Pêndulo WF

O outro vídeo tutorial é o do movimento de oscilação rotacional do pêndulo de WF. Esta análise, de uma filmagem por baixo do Pêndulo WF, pode ser acessado pelo link: <https://youtu.be/Hd3DFVHAu9w>



Ou o QR Code:

Título da página – Tutorial do Tracker para o Professor de Física – Wilberforce (Inferior)

Descrição do vídeo: Esse tutorial mostra ao professor como extrair os dados de Ângulo de rotação  $\Theta$  de um corpo rígido preso a uma mola, um experimento conhecido como Pêndulo de Wilberforce. É um tutorial para auxiliar o professor de física, na obtenção de dados de experimentos Físicos, utilizando o software Opem Source - "Tracker". Além de solucionar o problema de uma rotação com seu eixo se movimentando.

O estudo desse movimento foi abordado no capítulo 4 dessa dissertação.

### **3. Considerações finais**

Assim, acabamos de apresentar um conjunto de recursos que podem ser usados pelos professores de maneira simples e com a ajuda de tutoriais escritos, bem como vídeos na internet por nós disponibilizados. Estas são atividades que focalizamos para dar as instruções iniciais, mas contatos podem ser entalecidos com os autores, por e-mail ou outras formas para saber mais do trabalho e de outras atividades de mecânica que realizamos e da metodologia aplicada.

Acreditamos que esta abordagem fortalecerá na escola a relação professor alunos e facilitará a construção de conhecimento significativo. O estudante que tem em sua escola uma abordagem que valoriza sua cultura, promove a socialização e o faz agente ativo na construção de seu conhecimento, pode se tornar um grande profissional. Podendo contribuir para grandes avanços futuros para a humanidade.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
BIBLIOTECA CENTRAL - CÂMPUS VIÇOSA  
SEÇÃO DE CATALOGAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

FICHA CATALOGRÁFICA

**Informações da Solicitação**

**Protocolo:** 201905311127053592

**Autor:** Grégori Alexandre Gordiano

**Tipo de Doc.:** Dissertação (mestrado)

**Curso:** Programa de Pós-Graduação Física

**Data:** 31/05/2019

