



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Vanailson Rodrigues Maciel

**VIDEOANÁLISE: uma abordagem aplicada ao ensino de física**

Caruaru  
2019

Vanailson Rodrigues Maciel

**VIDEOANÁLISE: uma abordagem aplicada ao ensino de física**

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

**Área de concentração:** Formação de professores de Física em nível de Mestrado

**Orientador:** Prof<sup>o</sup>. Dr. João Francisco Liberato de Freitas

Caruaru  
2019

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

M152v Maciel, Vanailson Rodrigues.  
Videoanálise: uma abordagem aplicada ao ensino de física. / Vanailson Rodrigues  
Maciel. – 2019.  
91 f. il. : 30 cm.

Orientador: João Francisco Liberato de Freitas.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado  
Nacional Profissional em Ensino de Física, 2019.  
Inclui Referências.

1. Física (Ensino médio). 2. Aprendizagem experimental. 3. Software. 4.  
Movimento. 5. Aprendizagem baseada em problemas – Garanhuns (PE). 6. Inovações  
educacionais – Garanhuns (PE).. I. Freitas, João Francisco Liberato de (Orientador).  
II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-483)

Vanailson Rodrigues Maciel

**VIDEOANÁLISE: uma abordagem aplicada ao ensino de física**

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 20/09/2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. João Francisco Liberato de Freitas (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Alberto Einstein Pereira de Araújo (Examinador externo)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus pais: Dona Rosa Maria (in memoriam), que como professora exerceu com maestria e dedicação o seu ofício inspirando as futuras gerações e seu Luís Rodrigues por seu exemplo de força de vontade e perseverança na busca dos seus objetivos. A vocês meu orgulho e gratidão.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus em primeiro lugar, pois, sem Ele nada do que foi realizado seria.

A família em especial esposa e filhos que com paciência acompanharam e compreenderam as ausências para viagens e horas de estudo.

A Sociedade Brasileira de Física e a Comissão de Pós-graduação da SBF (MNPEF) pela oportunidade do mestrado.

A CAPES pelo apoio financeiro.

A direção da Escola de Referência em Ensino Médio Virgem do Socorro na pessoa de sua gestora Kátia Maria Franco de Araújo pelo apoio na organização de horários, possibilitando tempo útil para estudo.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Centro Acadêmico do Agreste (CAA) pelo conhecimento e lições que acrescentaram significativamente na minha formação, em especial ao professor Dr. João Francisco Liberato de Freitas pelo tempo, dedicação e apoio fornecendo livros e materiais de pesquisa como orientador deste trabalho.

Aos colegas de turma que através das experiências compartilhadas tornaram o curso mais enriquecedor ainda.

A todos minha gratidão e desejo de sucesso.

## RESUMO

Este trabalho apresenta a organização dos eixos temáticos/ conteúdos curriculares de acordo com a sequência apresentada pelo GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). Esta metodologia é diferenciada no que diz respeito à ordem de exposição dos conteúdos da grade curricular. Dessa forma os conteúdos não foram ministrados na forma habitual, separados em seções de acordo com os ramos da Física tais como: Mecânica, Dinâmica, Hidrostática, etc., mas, obedecendo a uma ordem que os interliga privilegiando uma visão mais ampla dos fenômenos e conceitos físicos bem como também das grandezas envolvidas no processo. Associa-se a esta proposta a estratégia experimental seguindo a orientação com enfoque no aspecto do “experimento qualitativo”, isto é, problematizar conduzindo a uma maior reflexão sobre os fenômenos físicos estudados por parte dos educandos. Como objeto de análise foram utilizados dois experimentos relacionados aos conteúdos: Movimento Uniforme, Movimento Uniformemente Variado, Força, trabalho e Energia, experimentos estes, elaborados a partir de modelos e montagens do kit 9797 da LEGO Education presentes na escola e outro foi produzido com material de baixo custo. Os experimentos foram posteriormente submetidos a uma videoanálise utilizando o software TRACKER. Para constatação dos resultados foi aplicado um questionário que deveria ser respondido individualmente ao término de cada videoanálise. A lista destes experimentos, os materiais usados, o modelo do questionário proposto e o roteiro de execução estão presentes e compõe parte do apêndice desta dissertação.

Palavras-chave: Ensino de física, Física experimental, Tracker, Movimento, Trabalho e energia.

## ABSTRACT

This paper presents the organization of the thematic axes / curricular contents according to the sequence presented by Gref (Physics Teaching Group). This methodology is differentiated with respect to the order of exposure of the contents of the curriculum. In this way the contents were not taught in the usual way separated into sections according to the branches of Physics such as: Mechanics, Dynamics, Hydrostatics, etc., but obeying an order that interconnects them, favoring a broader view of phenomena and physical concepts as well as the quantities involved in the process. The experimental strategy is associated to this proposal following the orientation with focus on the aspect of the "qualitative experiment", that is, to problematize leading to a greater reflection on the part of the students. As an object of analysis, two experiments related to the contents were used, which were elaborated from models and assemblies of the LEGO Education kit 9797 present at the school and another one was produced with low cost material being constructed based on the contributions of the tutor of this dissertation during its elaboration. The experiments were later submitted to a videoanalysis using the TRACKER software. To verify the results, a questionnaire was applied that should be answered individually at the end of each videoanalysis. The list of these experiments, the materials used, the model of the questionnaire proposed and the execution script are present and compose part of the appendix of this dissertation.

Keywords: Physics teaching, Experimental physics, Tracker, Movement, Work and energy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Curva $v \times t$ , para o MUV onde $a > 0$ e $t > 0$ .....	25
Figura 2 -	Divisão da área do trapézio em duas figuras: um triângulo e um retângulo.....	26
Figura 3 -	Transformação de energia Potencial gravitacional em Energia cinética.....	32
Fotografia 1 -	Kit de Robótica Educacional Lego Mindstorms ref. 9797.....	37
Figura 4 -	Tela indicando os sistemas operacionais para download do Tracker.....	38
Figura 5 -	Tomada da tela inicial do Tracker.....	39
Fotografia 2 -	Introdução à vídeoanálise e ao Tracker.....	40
Fotografia 3 -	Introdução à vídeoanálise e ao Tracker.....	41
Figura 6 -	Bate estacas.....	43
Fotografia 4 -	Montagem do Bate estaca.....	44
Figura 7 -	Vídeo do Bate estaca em execução no Tracker.....	45
Figura 8 -	Curva esboçada pelo Tracker para subida e descida do Bate estaca.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do Movimento Uniformemente Variado.....	24
Tabela 2 - Características e classificação do trabalho da força peso .....	30
Tabela 3 - Número de acertos da turma por questão para o pré-teste.....	42
Tabela 4 - Dados obtidos peloTracker para subida e descida do Bate estaca....	46
Tabela 5 - Número de acertos da turma por questão para o pós-teste.....	47
Tabela 6 - Variações na quantidade de acertos por questão Pré e pós-teste.....	48
Tabela 7 - Cronograma de realização das atividades.....	49

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
2.1	A TEORIA COGNITIVA ADOTADA.....	13
2.2	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E ESTRUTURA COGNITIVA.....	14
2.3	ORGANIZADORES PRÉVIOS.....	16
2.4	O PAPEL DO PROFESSOR NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E A ABORDAGEM AUSUBELIANA DE UM CONTEÚDO.....	17
2.5	O GREF.....	18
<b>3</b>	<b>PÚBLICO ALVO E EMBASAMENTO TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
3.1	PÚBLICO ALVO.....	20
3.2	EMBASAMENTO TEÓRICO PARA ESTUDO DO MU E MUV.....	20
<b>3.2.1</b>	<b>Movimento Uniformemente Variado (MUV) .....</b>	<b>23</b>
3.3	EMBASAMENTO TEÓRICO PARA O ESTUDO DO TRABALHO E ENERGIA.....	28
<b>3.3.1</b>	<b>Trabalho.....</b>	<b>28</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Energia e suas transformações.....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>A ESTRATÉGIA EXPERIMENTAL E A VIDEOANÁLISE.....</b>	<b>33</b>
4.1	OS TIPOS DE LABORATÓRIO.....	33
<b>4.1.1</b>	<b>Laboratório fechado.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Laboratório semiaberto.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Laboratório aberto.....</b>	<b>34</b>
4.2	A VIDEOANÁLISE ASSOCIADA AO EXPERIMENTO.....	35
<b>5</b>	<b>ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E A VIDEOANÁLISE.....</b>	<b>37</b>
5.1	TRACKER APRESENTAÇÃO E INSTALAÇÃO.....	38
5.2	APRESENTANDO O TRACKER A TURMA.....	39
5.3	O PRÉ - TESTE, A ELABORAÇÃO DO EXPERIMENTO E O PÓS – TESTE.....	41
5.4	A FILMAGEM DO EXPERIMENTO.....	44
<b>6</b>	<b>DIFICULDADES, PERSPECTIVAS E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>50</b>
6.1	DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	50

6.2	PERSPECTIVAS.....	50
6.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>
	<b>APÊNDICE A- PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>56</b>
	<b>APÊNDICE B- MODELO DE QUESTIONÁRIO APLICADO À</b>	
	<b>TURMA .....</b>	<b>89</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Buscando contemplar as exigências propostas para os trabalhos submetidos ao Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), que em suas linhas de pesquisa tem como característica a nível de ensino médio: “ O desenvolvimento de produtos e processos de ensino e aprendizagem que utilizem tecnologias de informação e comunicação tais como: aplicativos para computadores, mídia para tablets, plataforma para simulações e modelagem computacionais, aquisição automática de dados, celulares e redes sociais”. O presente trabalho privilegia em seus capítulos iniciais, a fundamentação teórica onde é analisada a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel destacando o papel do professor no contexto desta teoria e como seria a abordagem ausubeliana de um conteúdo.

No capítulo 3, definiremos o público alvo deste trabalho e trataremos do embasamento teórico para os conteúdos: Movimento Uniforme, Movimento Uniformemente Variado, Trabalho e Energia que serão estudados com experimentos através da videoanálise.

Iniciamos o capítulo 4 com uma breve explanação sobre a associação entre o recurso experimental e a videoanálise. Prosseguimos com uma abordagem teórica descritiva das diferentes metodologias utilizadas com o ensino experimental, e com isto, classificando as diferentes abordagens de ensino, ditas: laboratório fechado, semiaberto e aberto.

O capítulo de número 5 versa sobre as atividades experimentais com os alunos e a videoanálise. Desenvolvemos aqui a parte prática da pesquisa, descrevemos desde a forma de obtenção/instalação do software Tracker até a filmagem e a análise de gráficos e tabelas. Dirigimos-nos para o final com as perspectivas que se abrem diante da aplicabilidade deste trabalho (Capítulo 6).

Concluimos com um apêndice explorando o produto educacional, um manual pormenorizado em conceitos de videoanálise, os recursos e possibilidades do Tracker, como forma de fomentar o interesse para o seu uso em sala de aula e a possibilidade de explorar ainda mais o que aqui foi exposto, a elaboração dos experimentos apresentados com a descrição dos materiais usados e sugestão de atividade proposta para sala de aula.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 A TEORIA COGNITIVA ADOTADA

Ensinar Física, promover aprendizagem, despertar o interesse do discente, conscientizar da importância da disciplina enquanto ciência e componente curricular necessária à formação geral, fazer uso das novas tecnologias de informação, ensinar para a vida. Este é o cenário posto. Para onde apontam as pesquisas e estudos de professores e pesquisadores das teorias de ensino.

O presente trabalho foi desenvolvido com foco na teoria cognitiva de David Ausubel (1918 – 2008) cujo cerne é a **aprendizagem significativa**. Ao analisar o processo de ensinar e aprender esta teoria se utiliza de termos e conceitos tais como: estrutura cognitiva, subsunção, âncora e organizadores prévios, entre outros que serão mencionados a seguir de forma sucinta, tendo em vista apenas a necessidade de embasar a pesquisa aqui desenvolvida.

Atualmente o sistema educacional brasileiro vem passando por reformulações, de acordo com José Juiz Domingos: toda mudança curricular é parte de uma política de desenvolvimento de um país, e, portanto, o currículo deve expressar coerência e articulação com esse projeto. (DOMINGOS, 2000).

Ainda segundo Domingos:

*“No caso brasileiro, isso se evidencia nas reformas curriculares em curso (PCNs, do Ensino Fundamental e médio e Diretrizes curriculares nacionais para a educação básica e superior) e nos mecanismos de avaliação do sistema (Saeb, Enem, ENC, Paiub etc). (A reforma do ensino médio: A nova formulação curricular e a realidade da escola pública. (José J. DOMINGOS, e col. Educação e sociedade ano XXI – n° 70, pág. 64, Abril de 2000).*

Também não podemos deixar de mencionar a BNCC (Base Nacional Comum Curricular), que atualmente em trâmites de implantação constitui-se a referência para a construção dos currículos de todas as escolas do país, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) foi elaborada estabelecendo como pilares **10 competências gerais** que irão nortear o trabalho das escolas e dos professores em todos os anos e componentes curriculares – as antigas disciplinas – da Educação Básica. Em sua estrutura descreve:

*“Mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho”* (Definição de competências presente na BNCC)

[www.novaescola.org.br/bncc](http://www.novaescola.org.br/bncc) .

Neste contexto de inovações algo permanece constante: a preocupação com o ensino e a **aprendizagem**.

Descrever como ocorre a **aprendizagem** não é tarefa simples, assim, como também não o é conceituar aprendizagem, tendo em vista que o significado desta definição não é unificado entre as várias teorias que compõem as linhas de ensino, sejam elas adeptas do comportamentalismo (Behaviorismo), cognitivismo ou humanismo. Como identificar quando ela realmente ocorreu? Para alguns, se associa à aquisição de conhecimento, para outros a mudanças evidentes de comportamento que permaneçam e ainda há aqueles que defendem que a aprendizagem é sinalizada pela participação ativa na resolução de problemas, a partir da construção de novos significados na estrutura cognitiva. A enorme quantidade de estudos sobre este processo sugere que o tema é amplo e a cada época novas ideias vêm se somando as já existentes. Parece coerente então definir como nosso ponto de partida a compreensão do que é **aprendizagem significativa e estrutura cognitiva**.

## 2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E ESTRUTURA COGNITIVA

Buscando explicar como o indivíduo aprende as teorias de ensino-aprendizagem se apoiam em uma das colunas que compõem a tríade da aprendizagem:

- A cognitiva – aponta para o processo onde o novo saber é assimilado de forma organizada no consciente do indivíduo que aprende.
- A afetiva – defende a aquisição do conhecimento a partir da interiorização de sinais que serão sequencialmente identificados a sentimentos e sensações tais como alegria, ansiedade, descontentamento, etc.
- A psicomotora – que depende do treino e prática que irão resultar em respostas musculares.

Ausubel (1918 – 2008) foi um dos representantes do cognitivismo, dessa forma sua teoria para o processo de aprendizagem tem como enfoque principal a apropriação do conhecimento de forma não-literal, isto é, não de qualquer maneira ou apenas imediatista como para passar num exame avaliativo, por exemplo, que é uma atitude muito comum na maioria das salas de aula. A aprendizagem significativa é, portanto, o processo pelo qual o novo conhecimento associa-se ao que eu já conheço adquirindo significado para mim e aumentando o meu nível de saber. Esse novo saber é permanente e passa a integrar a minha **estrutura cognitiva**. Um fator indispensável nesse processo é a minha bagagem, os saberes e a concepção de mundo que possuo, adquirido de várias formas, mas, principalmente da interação com o mesmo. O que já conheço é definido como concepção prévia se houver discordância entre o que penso sobre determinado tema e o conceito científico, no entanto, se esse saber estiver de acordo com o padrão científico ele é denominado conhecimento prévio. Ausubel na década de 60 quando lançou sua teoria já destacava a importância desse fator para a aprendizagem significativa. Vale salientar que outros autores como Neil Postman, Paulo Freire em suas teorias também corroboram a essencialidade do conhecimento prévio.

*“Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe” (MOREIRA E OSTERMANN, 1999 – página 45).*

*“Podemos, ao final das contas, aprender somente em relação ao que já sabemos. Contrariamente ao senso comum, isso significa que se não sabemos muito nossa capacidade de aprender não é muito grande. Esta idéia – por si só – implica uma grande mudança na maioria das metáforas que direcionam políticas e procedimentos das escolas”. (POSTMAN E WEINGARTNER, 1969 - página. 62).*

Quanto à estrutura cognitiva, segundo David Ausubel ela abrange o conjunto de aprendizagens, informações e conceitos relevantes que são inerentes a cada indivíduo. Ela, a estrutura, é o lugar para onde converge cada nova informação podendo ou não ser assimilada. (MOREIRA, 1999). Em suma,

a estrutura cognitiva interage com as novas informações visando à aprendizagem. Nesta interação, o conhecimento prévio funciona como um ancoradouro, isto é, recebe esta nova informação ao mesmo tempo modifica-se com a sua inserção. A esta “âncora” na qual os novos conceitos objetos de aprendizagem se conectarão, Ausubel chama de “subsunçor” palavra que não existe na língua portuguesa, mas, é uma forma de traduzir a palavra inglesa “subsumer”, facilitador.

Concluindo este tópico é necessário assinalar a presença do cognitivismo nesse conceito de aprendizagem uma vez que o ser que aprende interage de forma substantiva e progressiva, organizando e reorganizando seu conhecimento. Em contato com materiais educativos: internaliza significados, amplia sua estrutura cognitiva, produz seu conhecimento.

### 2.3 ORGANIZADORES PRÉVIOS

Outro tópico que se deve destacar na exposição da teoria da aprendizagem significativa, é o contraste com a aprendizagem mecânica. Esta por ter como característica pouca interação ou ainda independência de saberes pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno, parece até que se situa do lado oposto. A informação que chega é alocada de forma arbitrária e desordenada, não havendo ligação com os conceitos presentes na estrutura cognitiva.

Em sua teoria Ausubel não busca a oposição entre essas duas formas de aprendizagem. Ele considera a aprendizagem mecânica como um processo contínuo, uma vez que ela é necessária sempre que o aprendiz adquire informações numa área que é totalmente nova. Dessa forma o processo dito mecânico ocorre até que elementos do conhecimento se evidenciem na estrutura cognitiva. Isto responde a pergunta: De onde vêm os subsunçores? Mesmo que neste momento sejam pouco desenvolvidos. À medida que a aprendizagem significativa ocorre esses subsunçores vão se tornando mais amplos e consistentes como receptores, âncoras de novas informações. (OSTERMANN e CAVALCANTI).

Nesse ponto Ausubel sugere o uso de **organizadores prévios**, como um artifício para influenciar a estrutura cognitiva com o objetivo de facilitar a aprendizagem. Concretamente um organizador prévio é um material de apoio introduzido antes do que deve ser assimilado. Citado por Marco Moreira em seu livro Teorias de aprendizagem o próprio Ausubel define a função do organizador prévio, como a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, afim de que o material possa ser aprendido de forma significativa, ou seja, organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como pontes cognitivas (MOREIRA – 1999 – p. 155). Daí entender-se o organizador prévio como uma estratégia facilitadora; Podemos também admitir sua ação **motivadora** atuando na disposição do aprendiz para associar de maneira não arbitrária a nova informação que fará parte da sua estrutura cognitiva, pois, se não houver esta condição não importará qual seja o processo de aprendizagem ou o seu produto, ambos serão mecânicos.

#### 2.4 O PAPEL DO PROFESSOR NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E A ABORDAGEM AUSUBELIANA DE UM CONTEÚDO

Após a breve exposição das características que representam a teoria da aprendizagem significativa passamos a descrever tópicos que possam nortear a atuação do professor que pretende adotar esta teoria de ensino como referência para sua prática didática. Este tópico pressupõe também uma sequência do que seria a abordagem de um conteúdo na forma Ausubeliana. (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2010).

- Definir a estrutura conceitual do eixo temático que constitui a matéria de ensino de forma hierárquica. Ausubel defende que o acréscimo de informações na mente é hierárquico conceitualmente, isto é, organize os conceitos de modo progressivo desde os mais gerais até os mais específicos.
- Identificação dos subsunçores necessários à assimilação do conteúdo a ser ensinado.

- Identificar através de organizadores prévios,(materiais concretos e instrucionais), quais subsunçores necessários estão presentes na estrutura cognitiva do aprendiz.
- Ensinar lançando mão dos princípios e estratégias que possibilitem a ancoragem do conteúdo exposto de forma significativa.

Em suma, a participação do professor é fundamental auxiliando o aluno a compreender a estrutura do conteúdo a ser ensinado e a organizar a sua própria estrutura cognitiva. E através da compreensão destes dois eixos: a estrutura da matéria e a estrutura cognitiva do aluno que o professor então norteará suas ações lançando mão dos organizadores prévios que servirão de “ponte cognitiva” de forma adequada. Vale salientar que nesta sequência descrita acima está implícita a ideia central da aprendizagem significativa defendida não apenas por Ausubel em sua teoria mais também por outros teóricos e já citada anteriormente, para eles, aquilo que o aluno já sabe é o fator que mais influencia na aprendizagem.

## 2.5 O GREF

O GREF (Grupo de Reelaboração do ensino de Física), cuja proposta metodológica de explanação de conteúdos é aplicada neste trabalho, surge em 1993 a partir de uma palestra ministrada pelo professor Luiz Carlos de Menezes num curso de extensão, palestra intitulada “Física das Coisas”. Após esta palestra nasce um projeto com a tônica de aproximar a Física abstrata ministrada nas escolas, (cujo programa de conteúdos parte da mecânica e suas equações que descrevem movimentos), com o mundo real. Ensinar Física a partir das “coisas” mais próximas do aluno, usar como base para ensinar o questionamento do mundo real. Surge assim o GREF formado inicialmente por três professores acadêmicos do Instituto de Física da USP (Yassuko Housuone, João Zanetic e Luiz Carlos Menezes) que em parceria com professores da rede estadual de ensino elaboraram uma sequência metodológica de exposição de conteúdos para o ensino de Física no nível médio.

Nos primeiros anos, essa proposta era exposta apenas em formações continuadas, mas, com o seu aperfeiçoamento foram impressos livros para professores que apresentam os eixos temáticos exemplificados a partir de elementos do cotidiano, trazem também atividades e questões comentadas.

*(fespif.uspbr/~profis/gref\_histórico.html*

*www.if.usp.br/gref*

Neles os grandes ramos da Física tais como Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo estão expostos de forma interligada. O Volume um da coleção inicia apresentando os conceitos e as grandezas relacionadas a força para por meio deles alcançar a compreensão dos movimentos. Analisa-se as alterações de velocidade a partir da ação de uma força desta forma o conteúdo é visto de forma mais ampla e não em blocos separados. A explanação é feita através de leituras propondo questionamentos, investigação e o fazer pensar distribuídos em três volumes. Embora a sequência de assuntos seja idêntica a da maioria dos cursos: Volume 1: Mecânica, volume 2: Física Térmica, Óptica e volume 3: Eletromagnetismo, dentro de cada volume são adotadas alterações na ordem de exposição dos conteúdos, como por exemplo, a sequência que foi aplicada neste trabalho a partir do volume 1, iniciando com dinâmica para no final do curso chegar em cinemática.

Segundo o GREF o caráter prático-transformador e o caráter teórico-universalista não são traços antagônicos, mas, isto sim, dinamicamente complementares (ZANETIC e MENEZES – 2001). A compreensão desta vertente conduz a explanação dos princípios gerais da Física de forma consistente fazendo uso sempre que possível de elementos vivenciais e cotidianos. Com o enfoque no ensino diferenciado o GREF tem como meta tornar significativa a aprendizagem mesmo para aqueles cujo plano profissional não dependam diretamente da Física, mas, dar a todos uma compreensão formal, consistente e essencial para o ingresso na universidade.

### 3 PÚBLICO ALVO E EMBASAMENTO TEÓRICO

#### 3.1 PÚBLICO ALVO

A aplicação desta pesquisa assim como do produto educacional que a acompanha se deu para alunos da turma de 1º ano da Escola de Referência em Ensino Médio Virgem do Socorro no município de Garanhuns - PE. A escola funciona em regime integral com aulas ministradas manhã e tarde. A carga horária indicada na matriz curricular das escolas que funcionam nesta modalidade de ensino, destina para a disciplina de Física nas turmas de primeiro ano, quatro horas aulas semanais sendo que uma delas é destinada a prática de laboratório. Esta flexibilidade no número de horas aulas semanais que é superior ao de uma escola que funciona em regime regular, foi também um fator que influenciou no desenvolvimento deste trabalho e que, portanto, deve ser levado em conta quando da sua execução. A proposta foi desenvolvida com toda a turma abrangendo um número de 23 alunos.

Enquanto estrutura física, embora tenha na grade curricular uma aula destinada à prática de laboratório, é conveniente salientar que a escola não possui equipamentos nem um laboratório de física montado excetuando-se os kits de robótica referência 9797 da Lego Mindstorms.

As aulas e os experimentos foram realizados no espaço da própria sala de aula. Apenas em relação à apresentação do Software Tracker como também para os momentos da videoanálise foram utilizadas as dependências da sala de informática, que dispunha de 30 computadores.

#### 3.2 EMBASAMENTO TEÓRICO PARA ESTUDO DO MU E MUV

Tomando como ponto de referência a sequência proposta pelo volume 1 do GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) para o ensino dos eixos temáticos, analisaremos a seguir de forma interligada os seguintes conteúdos: Movimento Uniforme (MU), Movimento Uniformemente Variado (MUV), Força, Trabalho, Energia e suas transformações. Os dois primeiros citados fazem parte de um ramo da Física chamado **Cinemática** que tem como

objetivo a explicação dos movimentos sem considerar as causas de sua origem. Os demais citados estão situados no ramo da **Dinâmica** que procura explicar os movimentos descrevendo as causas de sua origem; e ambas Cinemática e Dinâmica compõe a **MECÂNICA**. A escolha deste conjunto de conteúdos para a presente dissertação e análise experimental através do software deve-se em primeiro lugar, ao fato de romper um comportamento tradicional, pois, estes conteúdos são ministrados em blocos e bimestres separados, durante o ano letivo. E o digo por experiência porque esta era também a minha vivência didática. E em segundo lugar buscando que essa forma de interligar os conteúdos, possibilite uma compreensão mais ampla, e através de tomadas de atitudes e utilização de instrumentos corretos seja alcançada uma aprendizagem significativa.

Para descrever o movimento é essencial a tomada de um **referencial**. No caso do movimento mais simples o uniforme este referencial é uma reta com orientação e origem a nossa escolha. Quando num movimento uniforme a direção do vetor velocidade coincide com a direção da trajetória orientada (reta) ele é classificado como **progressivo**, quando a velocidade tem sentido contrário à orientação da trajetória ele é dito **retrógrado**. De forma exemplificada se considerar a distância entre duas cidades Garanhuns e Caruaru, aproximadamente 100 km, admitindo que este trajeto se desse em linha reta com orientação de Garanhuns para Caruaru. As viagens feitas no sentido Caruaru – Garanhuns serão classificadas como retrógradas e no sentido Garanhuns – Caruaru como progressivas.

Na sua descrição o movimento uniforme (MU) tem como característica principal deslocamentos em que a velocidade se mantém constante e diferente de zero. São exemplos: a subida ou descida de uma pessoa numa escada rolante, o movimento de uma pequena esfera no interior de um fluido, (experimento que será visto neste trabalho no capítulo 3), o movimento das hélices de um ventilador (após a velocidade estabilizar), o deslocamento de um trem ou metrô em determinados trechos de sua trajetória, etc. Isto implica diretamente que nessas condições o **móvel (sistema simples ou composto que descreve o movimento)** percorrerá distâncias iguais em intervalos de tempo iguais assim teremos:

$$\Delta s = s_2 - s_1 = s_4 - s_3 \quad (2.1)$$

$$\text{para } \Delta s = t_2 - t_1 = t_4 - t_3 \quad (2.2)$$

A velocidade  $v$  deste movimento é dada em m/s (**metros por segundo**) de acordo com o **si (Sistema internacional de unidade de Medida)**, mas outras unidades tais como **km/h, cm/s** podem ser adotadas conforme conveniência. O valor de  $v$  pode ter sinal **positivo** ou **negativo** tendo em vista que em sua definição:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S(t_2) - S(t_1)}{t_2 - t_1} \quad (2.3)$$

Ou ainda admitindo que  $S(t_2)$  corresponde a posição final e  $S(t_1)$  corresponde à posição inicial,  $t_2$  e  $t_1$  correspondendo ao tempo final e tempo inicial respectivamente escrevemos assim:

$$v = \frac{S_f - S_0}{t_f - t_0} \quad (2.4)$$

Dessa forma  $v$  será negativo ( $v < 0$ ) quando  $\Delta S$  tiver valor menor que zero. Isto ocorrerá quando o móvel se desloca no sentido oposto à orientação da trajetória e então os espaços decrescem com o tempo (movimento retrógrado) Para que a grandeza física velocidade se mantenha constante é necessário que a soma vetorial das forças que atuam sobre o móvel (**força resultante**) independente de sua natureza (**força de contato ou de campo**) seja nula.

Um movimento uniforme é representado pela **função da posição** a partir da qual é possível localizar e/ou prever a posição do móvel ao longo da trajetória para um dado intervalo de tempo salientando que a caracterização deste movimento é feita sobre o contexto de velocidade constante. Assim, tomando  $t_f$  um instante de tempo qualquer e considerando para  $t_0$  o instante de tempo inicial, sendo  $s_0$  a posição inicial nesse instante dado e substituindo em  $v = \frac{S_f - S_0}{t_f - t_0}$  obtemos a função horária da posição para o Movimento uniforme assim descrita:

$$s = s_0 + v \cdot \Delta t \quad (2.5)$$

onde:

$$\Delta t = (t_2 - t_1) \quad (2.6)$$

A aplicação desta função horária da posição, assim como, a representação por meio de gráficos e tabelas para o movimento uniforme serão vistos com mais detalhes no capítulo 3 desta dissertação.

### 3.2.1 Movimento Uniformemente Variado (MUV)

É denominado Movimento Uniformemente Variado o movimento que tem como principal característica uma aceleração instantânea  $a$  constante. Temos uma concepção prévia de “aceleração” ela é associada à variação da velocidade, por exemplo, nas corridas de automóveis ou provas rápidas de atletismo onde num dado intervalo de tempo um carro ou atleta varia a sua velocidade, em ambos os casos citados demonstrando quão rápidos podem ser no decorrer de um intervalo de tempo. Conforme descrito acima nos parece coerente iniciar o estudo do Movimento Uniformemente Variado definindo **aceleração média** como **razão da variação da velocidade ao intervalo de tempo em que esta variação ocorre**. Matematicamente assim descrita:

$$a = \frac{v(t_2) - v(t_1)}{t_2 - t_1} \quad (2.7)$$

Onde:  $v(t_1)$  Corresponde a velocidade inicial no instante  $t_1$  que pode ou não ser o instante inicial.

No Sistema internacional de Unidades de medida (SI) essa grandeza física tem seus valores expressos em  $m/s^2$ , mas, de forma análoga ao que foi visto para o Movimento Uniforme, aqui outras unidades podem ser utilizadas de acordo com o que for conveniente  $km/h^2$ ,  $cm/s^2$ , etc. A classificação deste movimento é feita tendo por referência os sinais de  $a$  e  $v$  e o sentido do movimento sendo este a favor ou contrário a orientação da trajetória adotada vide tabela abaixo. Para tal representação consideramos  $t_2 > t_1$  sempre.

Tabela - 1 Classificação do Movimento Uniformemente Variado

Sinal de $\Delta v$	Sentido	Sinal de $a$	Classificação do movimento
$v$ aumenta de $t_1$ para $t_2$ ( $\Delta v > 0$ )	A favor da trajetória ( $v > 0$ )	$a > 0$	Progressivo e acelerado
$v$ decresce de $t_1$ para $t_2$ ( $\Delta v < 0$ )	Contrário à trajetória ( $v < 0$ )	$a < 0$	Retrógrado e acelerado
$v$ decresce de $t_1$ para $t_2$ ( $\Delta v < 0$ )	A favor da trajetória ( $v > 0$ )	$a < 0$	Progressivo e retardado
$v$ aumenta de $t_1$ para $t_2$ ( $\Delta v > 0$ )	Contrário à trajetória ( $v < 0$ )	$a > 0$	Retrógrado e retardado

Fonte: O Autor (2019)

A análise da tabela expõe que para definir um movimento como acelerado ou retardado devemos comparar os sinais da velocidade e da aceleração escalar quando  $a$  e  $v$  tem sinais **contrários** temos o movimento **retardado** e quando  $a$  e  $v$  tem sinais **iguais** dá-se o movimento **acelerado**.

Interessa-nos num MUV a descrição do comportamento das grandezas **velocidade** e **posição**, por serem as grandezas variáveis no movimento em questão. O fato de a aceleração escalar assumir valor constante condiciona a velocidade a sofrer variações iguais em intervalos de tempo iguais. Isto garante uma proporcionalidade direta entre um correspondente valor de  $\Delta v$  e o  $\Delta t$  a ele associado. Dessa forma temos:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2.8)$$

onde  $\Delta v$  corresponde à diferença entre a velocidade final ( $v$ ) e a velocidade inicial ( $v_0$ ), isto é,  $v_0 = v$  para  $t = 0$  s. Podemos assim escrever:

$$a = \frac{v-v_0}{t-0} \Rightarrow v - v_0 = a \cdot t \quad (2.9)$$

$$v = v_0 + a \cdot t \quad (2.10)$$

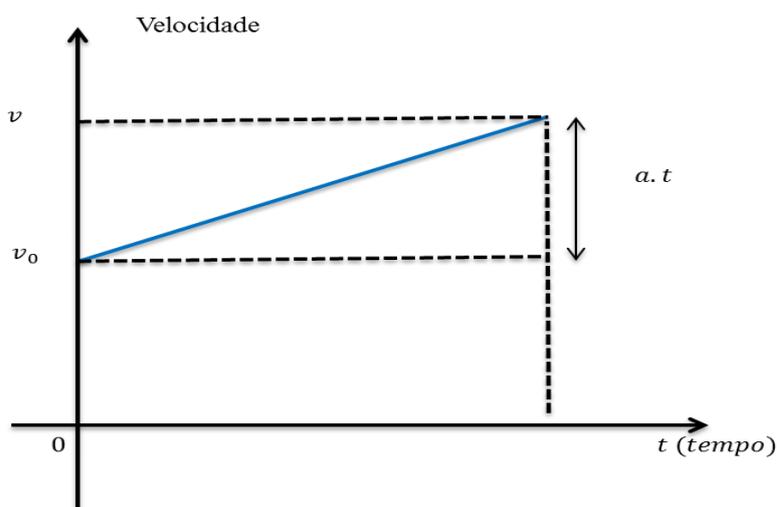
Através da função acima podemos acompanhar o comportamento da velocidade escalar no decorrer do tempo, tomando  $v_0$  e  $a$  constantes, para cada valor de  $t$  corresponderá um valor de  $v$ .

Para dedução da equação horária das abscissas (espaços) retomaremos propriedades do Movimento Uniformemente Variado já mencionadas acima:

- Em todo MUV existe proporcionalidade direta entre a variação da velocidade  $\Delta v$  e o seu correspondente intervalo de tempo  $\Delta t$ .
- A iguais intervalos de tempo correspondem iguais variações de velocidade.

Considerando então,  $v_0$  a velocidade escalar inicial tomada num dado  $t_0$  e sendo  $t_0 = 0$  s, à velocidade escalar  $v$  corresponderá certo instante genérico  $t$ . A variação da posição  $\Delta s$  **será a área sob a curva**. Representando esses pressupostos no gráfico da velocidade em função do tempo obtemos a figura 1.

Figura 1 – Curva  $v \times t$ , para o MUV onde  $a > 0$  e  $t > 0$



Fonte: O Autor (2019)

Fazendo a interpretação das informações expostas no gráfico é importante esclarecer que:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2.11)$$

Desta forma temos a seguinte continuação:

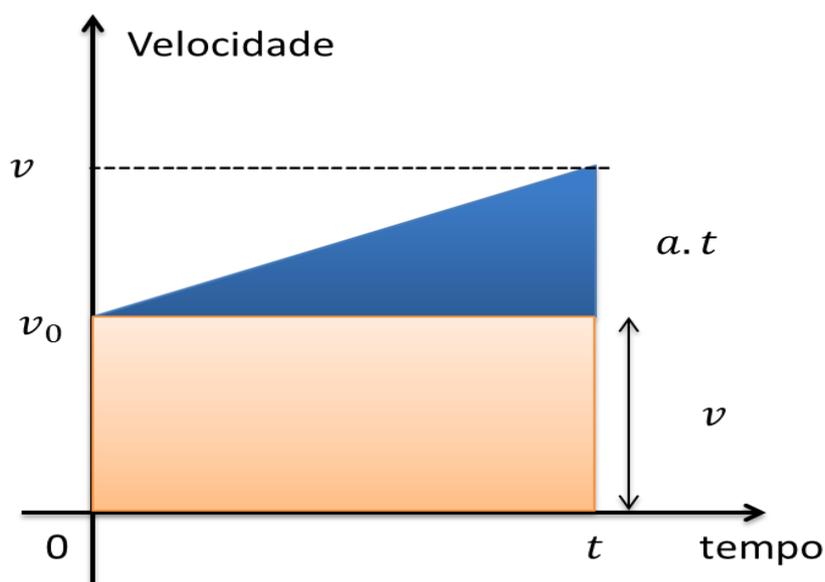
$$a = \frac{\Delta v}{t - t_0} \quad (2.12)$$

mas  $t_0 = 0$  s então:

$$a = \frac{\Delta v}{t - 0} \quad (2.13)$$

o que resulta em  $\Delta v = a \cdot \Delta t$  e  $\Delta v$  corresponde graficamente a variação de  $v_0$  para  $v$  definida sobre o eixo das ordenadas (Velocidade). Nosso próximo passo é então calcular a área sob a curva o que faremos de forma simplificada separando o trapézio em duas figuras um triângulo e um retângulo figura 2.

Figura 2 – Divisão da área do trapézio em duas figuras: um triângulo e um retângulo.



Fonte: O Autor (2019)

Calculando a área do triângulo:

$$A = \frac{b \cdot h}{2} \Rightarrow \frac{(t - t_0) \cdot a \cdot t}{2} = \frac{(t - 0) \cdot a \cdot t}{2} \quad (2.14)$$

$$A = \frac{at^2}{2} \quad (2.15)$$

Calculando a área do retângulo:

$$A = b \cdot h \Rightarrow (t - t_0) \cdot v_0 = (t - 0) \cdot v_0 \quad (2.16)$$

$$A = v_0 \cdot t \quad (2.17)$$

Somando as duas áreas para obter a área total do trapézio:

$$A = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (2.18)$$

E sendo  $\Delta s$  numericamente igual a está área ( $\Delta s = A$ ) temos:

$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2} \quad (2.19)$$

Escrevendo  $\Delta s$  como  $s - s_0$  vem:

$$S - S_0 = v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2} \quad (2.20)$$

Chegando finalmente em:

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (2.21)$$

Esta é a lei horária da posição que nos permite descrever o comportamento da variação das posições ocupadas pelo móvel no decurso do tempo.

Completando a descrição das grandezas que variam no movimento uniformemente variado é possível ainda expressar a variação da velocidade escalar em função do espaço. Essa expressão é chamada **Equação de Torricelli** e sua dedução é feita a partir da função horária da velocidade fazendo com que ela seja elevada ao quadrado:

$$(v)^2 = (v_0 + a \cdot t)^2 \quad (2.22)$$

Desenvolvendo o produto notável do segundo membro, vem:

$$v^2 = (v_0)^2 + 2v_0 \cdot a \cdot t + a^2 \cdot t^2 \quad (2.23)$$

Colocando  $2a$  em evidência:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(v_0 t + \frac{at^2}{2}) \quad (2.24)$$

Comparando com a função horária da posição:

$$S - S_0 = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (2.25)$$

percebemos que:

$$v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2} \quad (2.26)$$

Equivale a  $\Delta s$  o que implica em:

$$v^2 = v_0^2 + 2a \cdot \Delta s \quad (2.27)$$

assim relacionando a velocidade com a variação do espaço. Uma observação importante aqui é que a aceleração pode ser positiva ou negativa em detrimento das convenções adotadas.

### 3.3 EMBASAMENTO TEÓRICO PARA O ESTUDO DO TRABALHO E ENERGIA

#### 3.3.1 Trabalho

O “trabalho” enobrece o homem. Apesar de ser uma verdade em frases de efeito como esta o termo “trabalho” bastante usado no senso comum não se identifica com o seu homólogo “trabalho” empregado em Física. Aqui ele é definido como uma grandeza escalar associado à energia, tanto é que essas duas grandezas físicas **Trabalho**  $\tau$  (leia: Tau) e **energia** têm em seus conceitos um elo: Dizemos que se um corpo ou sistema tem **energia** ele possui a capacidade de realizar **trabalho** e que o trabalho realizado expressa a variação de energia de um sistema. Neste tópico estabelecemos a noção de trabalho de uma **força constante paralela ao deslocamento**, especificando mais ainda detalharemos o trabalho da **força peso**. Para tal faremos uso do modelo de um “bate-estaca” uma montagem que foi utilizada como experimento, aplicada em sala de aula, submetida a vídeo-análise e cuja descrição e pormenores estão no apêndice desta dissertação como produto educacional.

O bate-estaca funciona da seguinte maneira: O conjunto de massa  $m$ , nesse caso representado pelos dois pneus e a base na qual estão apoiados, é erguido até uma altura  $h$  medida a partir da base que possui uma estaca e que será enterrada quando o conjunto de massa  $m$  for liberado livremente sobre ela atingindo-a com uma velocidade  $v$ . Consideremos então uma força constante  $\vec{F}$  cujo valor é igual à massa  $m$  do conjunto pneus + base uma vez que o mesmo é erguido com velocidade constante (desprezado o atrito com as polias e a base de sustentação). A força  $\vec{F}$  pode ser denominada de **tração** neste caso, pois, está sendo aplicada num fio cuja massa e elasticidade aqui também

são desprezíveis.  $\vec{F}$  é paralela, constante e de mesmo sentido que o deslocamento  $h$ . Adotando-se como orientação da trajetória o eixo vertical sentido de baixo para cima a altura  $h$  corresponderá ao deslocamento e  $\vec{F}$  a intensidade da força, assim sendo o **Trabalho**  $\tau$  (leia: Tau) é a grandeza física definida como o produto da força pelo deslocamento:

$$\tau = \vec{F} \cdot \vec{d} \quad (2.28)$$

Se a força  $\vec{F}$  tiver sentido oposto ao deslocamento a expressão é:

$$\tau = -\vec{F} \cdot \vec{d} \quad (2.29)$$

estas duas considerações possibilitam uma classificação para a grandeza trabalho. Quando força e deslocamento possuem mesma direção e sentido, o trabalho é dito **motor**, quando força e deslocamento possuem mesma direção mais, sentidos opostos o trabalho é dito **resistente**. A partir daqui podemos então pensar em caracterizar e classificar o **trabalho da força peso**.

Considerando o conjunto de massa  $m$  que é erguido verticalmente e sendo o **peso** de um corpo dado pelo produto entre a massa e a gravidade  $\vec{g}$  ( $P = m \cdot g$ ) temos que o **peso** é paralelo e constante ao deslocamento  $h$ . Sobre este foco a força  $\vec{F}$  corresponde ao peso que favorece o deslocamento na descida e tem sentido oposto ao deslocamento na subida se opondo ao mesmo. Substituindo então  $\vec{F}$  por  $P$  e  $d$  pelo deslocamento  $h$  em 2.28 teremos

$$\tau = P \cdot h \quad (2.30)$$

para a descida e:

$$\tau = -P \cdot h \quad (2.31)$$

para a subida correspondendo a trabalho motor e resistente respectivamente. Concluindo apresentamos uma tabela com características e a classificação do trabalho da força peso.

Tabela 2 – Características e classificação do trabalho da força peso

Sentido do movimento	Expressão	Classificação
Descida	$\tau = P \cdot h$	Trabalho motor
Subida	$\tau = -P \cdot h$	Trabalho resistente
Deslocamento horizontal	$\tau = 0$ (nulo)	-----

Fonte: O Autor (2019)

Nota: O trabalho da força peso é conservativo, isto é, não depende da forma da trajetória, apenas da altura em relação ao solo.

### 3.3.2 Energia e suas transformações

No tópico anterior vimos que quando o conjunto de massa  $m$  é liberado a partir de uma altura  $h$  ele realiza trabalho e atinge a estaca com uma velocidade  $v$ . A realização de trabalho tem como consequência uma variação de energia, mas, que energia é esta e de onde ela provém? Semelhante ao trabalho **energia é** uma grandeza **escalar** e de característica conservativa, isto é, a quantidade de energia de um sistema isolado (no caso o bate-estaca) se mantém constante, podendo ser **transformada** ou **transferida** de um sistema para outro, no cômputo total, no entanto, ela permanece invariável. Quando o conjunto do bate-estaca é erguido, tem início um processo de transferência e acúmulo de energia que é denominada **energia potencial gravitacional** note que para que o conjunto de massa  $m$  (*pneus + base*) do bate-estaca seja erguido, é necessário um consumo de energia que por sua vez vem da bateria que alimenta a montagem. Temos então energia elétrica sendo transformada, em energia potencial gravitacional. Assim em qualquer sistema se uma forma de energia sofre uma variação esta variação é encontrada em outra forma de energia, esta é a base do princípio de conservação de energia.

Retornando a situação proposta. à medida que o conjunto é erguido sua energia potencial gravitacional aumenta proporcionalmente à altura  $h$ . Observe que esta energia está associada ao trabalho do peso ficando, portanto, definida assim:

$$E = P \cdot h \quad (2.32)$$

Onde  $P$  corresponde ao produto da massa do conjunto pela gravidade. Não é só o sistema bate-estaca – Terra que pode armazenar energia potencial

gravitacional: qualquer objeto que esteja a uma altura definida em relação à superfície Terrestre adquire esta forma de energia. Adota-se o nível do solo como referência para a medida da altura, então ao nível do solo, um objeto possui energia potencial gravitacional **nula**, pois,  $h = 0$ .

Acompanhemos agora o que ocorre durante a descida, onde uma força  $P$  representada pelo **peso** do conjunto de intensidade constante paralela, com mesma direção e sentido do deslocamento garante um movimento uniformemente variado que, aplicado a equação de **Torricelli** (já deduzida anteriormente ver página 15) com algumas adequações convenientes nos dá:

$$v_B^2 = v_A^2 + 2ad \quad (2.33)$$

Indicamos aqui por índice "A" a velocidade para um instante  $t_0 = 0s$ , portanto correspondendo a velocidade inicial e por índice "B" a velocidade dada num instante  $t$  qualquer sendo este posterior a  $t_0$ . Obtendo então a aceleração temos:

$$a = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2d} \quad (2.34)$$

substituindo este valor de  $a$  na equação fundamental da dinâmica:

$$F_r = m \cdot a = m \cdot \left( \frac{v_B^2 - v_A^2}{2d} \right) \quad (2.35)$$

Deslocando  $d$  para o primeiro membro e separando as parcelas  $A$  e  $B$  do segundo membro segue:

$$F_r \cdot d = m \cdot \left( \frac{v_B^2}{2} - \frac{v_A^2}{2} \right) \quad (2.36)$$

Lembrando

que:

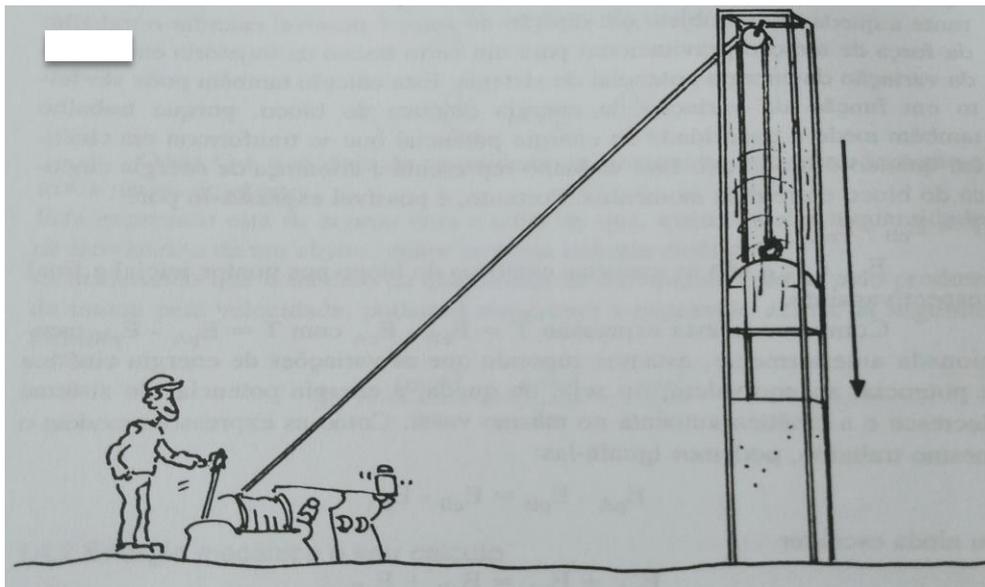
$$F_r \cdot d \quad (2.37)$$

corresponde ao trabalho da força e que ela é constante entre os pontos  $A$  e  $B$ , as razões  $\frac{mv^2}{2}$  separadas no segundo membro correspondem a uma forma de energia denominada **energia cinética** que é a energia associada ao conjunto de massa  $m$  com velocidade  $v$ . Concluindo: ao alcançar a altura máxima o conjunto de massa  $m$  do bate-estaca possui energia potencial gravitacional

máxima. Ao ser solto e iniciar a descida (figura 3.) sob a ação do peso adquire energia cinética na medida em que a energia potencial gravitacional diminui. Cada redução na energia potencial gravitacional é compensada com o aumento da energia cinética que por definição é:

$$E = \frac{mv^2}{2} \quad (2.38)$$

Figura 3. – Transformação de energia Potencial gravitacional em Energia cinética.



Fonte: Física 1 – Mecânica GREF – Pg. 124.

Dessa forma, percebemos que as variações de energia que ocorrem estão relacionadas a aplicações de forças. E essas variações podem ser interpretadas então como transferência de energia entre elementos de um mesmo sistema, ou de um sistema para outro, e ainda destacamos a transformação de uma forma de energia em outra. O conhecimento de tais transferências é importante principalmente em aparelhos e máquinas, pois, a rapidez com que essas transferências e transformações ocorrem, influenciará diretamente na potência e no rendimento de tais equipamentos.

## 4 A ESTRATÉGIA EXPERIMENTAL E A VIDEOANÁLISE

### 4.1 OS TIPOS DE LABORATÓRIO

Visando uma proposta de ensino que contemple em suas vertentes de forma simultânea a motivação e a aprendizagem significativa, é cada vez mais notória a importância das aulas de laboratório. É bem verdade que enquanto estrutura física, recursos e materiais disponíveis a maioria das escolas ainda estão aquém do ideal, nosso enfoque, no entanto, não será nestas dificuldades mais nas possibilidades da estratégia experimental e em como desenvolvê-la associada aos recursos tecnológicos dos softwares tão presentes hoje no meio educacional.

*“O laboratório ou experimento torna-se importante, como instrumento gerador de observações e de dados para reflexões, ampliando a argumentação dos alunos. No experimento, tem-se o objeto em que ocorre a manipulação do concreto, pelo qual o aluno interage através do tato, da visão, e da audição, contribuindo para as deduções e as considerações abstratas sob o fenômeno observado.”*

(APARECIDA VILLATORE, 2008 – Pg. 107).

Seguindo esta temática passamos a descrever e caracterizar os tipos de laboratório sem pormenorizar ou privilegiar um ou outro, defendendo, porém, que todos são aplicáveis e devem se adequar aos níveis de ensino: fundamental, médio e universitário e a realidade de cada escola e turma.

#### 4.1.1 Laboratório fechado

Nesta concepção, a estratégia experimental é composta por um experimento pronto. Nesse modelo o aluno não participa ativamente da elaboração do experimento, e recebe previamente um roteiro com passos a serem seguidos para o manuseio do experimento e para registrar dados. (VILLATORRE, 2012). Esses dados devem ser comparados com os já conhecidos e aceitos pela comunidade científica que também foram previamente expostos em sala de aula. Por ter este caráter de observar e coletar dados, essa forma de conduzir o experimento é tratada com certas

ressalvas no que diz respeito a sua eficácia na aprendizagem, atribui-se que esta execução de procedimentos e comparação de dados não possibilita o conhecimento, apenas verificação de informações já conhecidas de antemão. Para Aparecida Villatorre, Ivanilda Higa e Silmara Tychanowicz até mesmo uma experiência tradicional e quantitativo pode ser objeto de aprendizagem cognitiva, desde que através de um planejamento seja transformada em algo importante dentro das estratégias selecionadas pelo professor. (VILLATORRE,2012).

#### **4.1.2 Laboratório semiaberto**

É caracterizado por permitir uma maior “liberdade intelectual” aos alunos para não apenas obter dados já conhecidos ou fornecidos previamente, mas, para elaborar conclusões a partir dos dados por ele obtidos. No laboratório semiaberto a situação problema que servirá de análise e o plano de trabalho ainda são fornecidos pelo professor, porém, a elaboração desta proposta e a forma como ela será conduzida a diferenciará do método fechado. Para que ela ocorra com efetividade o plano precisa de uma mudança estrutural, isto é, a situação problema não deve conduzir o aluno a uma conclusão fechada como a uma busca de um dado já explorado pela comunidade científica, a comprovar constantes ou leis presentes na literatura, mas permitir que através do conhecimento destas leis e dados por meio das variáveis presentes no fenômeno estudado os alunos tirem conclusões e a aprendizagem possa ser construída. (NARDI/2004)

#### **4.1.3 Laboratório aberto**

Nesta forma de explorar as atividades experimentais com o objetivo de entender os fenômenos naturais, o aluno ou grupo de alunos são responsabilizados pelo plano que inclui inclusive a escolha do experimento a ser realizado. As hipóteses, obtenção de dados e conclusões devem ser desenvolvidas e apresentadas. Quanto à participação do professor, neste tipo de laboratório ele propõe o “problema”, a questão a ser estudada. (NARDI,

2004). Certamente temos aqui um grau de exigência maior e alcançar este grau é objetivo dos projetos de ensino que visam que as aulas práticas de laboratório promovam a investigação, apresentem soluções, despertem o interesse pelo estudo das ciências não apenas naqueles alunos que possuem aptidão ou tendências para as disciplinas de Física, Química ou Biologia.

## 4.2 A VIDEOANÁLISE ASSOCIADA AO EXPERIMENTO

Segundo Rocha, Fajardo (2011) a vídeo análise é um recurso que se utiliza de um instrumento para captura de imagem, (webcam, câmera de celular, câmera profissional etc.), de um **computador** e um **software** que tem a finalidade de receber a gravação e analisar o fenômeno físico reproduzido. As utilizações de vídeos têm ocupado papel de destaque em muitos segmentos da área educacional desde as videoconferências, palestras, aulas em plataformas virtuais, treinamentos etc. Devido a sua fácil acessibilidade, simples manuseio e um custo relativamente baixo o vídeo ganhou status de recurso didático.

*“Tradicionalmente, os vídeos vêm desempenhando um papel destacado como recurso de mídia importante para fins didáticos (Sacerdote, 2010), (Clebsch, Mors, 2004).”*

Sobre a utilização do vídeo como instrumento didático nas maneiras citadas acima se admite uma classificação quanto a sua forma de uso:

- Forma passiva – É aquela em que não há nenhuma interação entre o aluno e o vídeo reproduzido. Ainda é a forma mais utilizada em centros educacionais. Tem o objetivo de reforço de conteúdo, ilustrar, informar, etc.
- Forma ativa – É aquela em que ocorre a interação dos alunos com o recurso didático vídeo. Motiva e oferece espaço para que o educando seja mais participativo.

Com a grande disponibilidade atual de recursos de captura de vídeos e o investimento de empresas e instituições em hardware e software capazes de

editar e explorar vídeos de forma simples tem-se visto uma leve tendência a equilibrar esta balança. É aqui que a videoanálise se insere com suas possibilidades, estimulando o aluno a dar lugar ao seu eu-pesquisador promovendo uma maior compreensão do fenômeno físico em análise através da interação com o vídeo criado para analisar. (JÚNIOR, Arandi Ginane Bezerra e Col. – *Videoanálise no Ensino de Física um exemplo de aplicação em modelagem Científica/ 2013*).

Em resumo, portanto, a videoanálise consiste em fazer uma captação de vídeo de um fenômeno físico ou atividade experimental e submetê-la a uma observação minuciosa explorando as possibilidades oferecidas pelo software com foco nas grandezas físicas que se deseja estudar.

## 5 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E A VIDEOANÁLISE

As atividades experimentais abaixo descritas foram desenvolvidas com a turma de 1º ano da Escola de Referência em Ensino Médio Virgem do Socorro na cidade de Garanhuns - PE. Escola que funciona em regime integral. O modelo de escola de referência se tornou política Pública de estado desde 2008, atualmente o estado de Pernambuco conta com cerca de 300 escolas nesta categoria. O tempo escolar nas Escolas de Referência em Ensino Médio (EREM) da rede estadual tem como proposta assistir os estudantes em jornada ampliada com carga horária de 45 horas semanais. As escolas que adotam esta modalidade de ensino possuem para as turmas de 1º ano do Ensino Médio uma matriz curricular com 4 horas/aulas de 50 minutos semanais destinadas à disciplina de Física. O que auxiliou no desenvolvimento da metodologia escolhida. Como materiais de apoio foram utilizados os kits de robótica educacional da lego education Lego mindstorms referência 9797 (figura 4) como também o ambiente do laboratório de informática composto por 30 computadores. A turma na qual foi desenvolvida a pesquisa era composta por 23 alunos (as) e o método foi aplicado para toda a turma contando com poucas ausências em momentos distintos tanto na montagem e elaboração dos experimentos quanto na execução da videoanálise.

Fotografia 1 - Kit de Robótica Educacional Lego Mindstorm ref. 9797

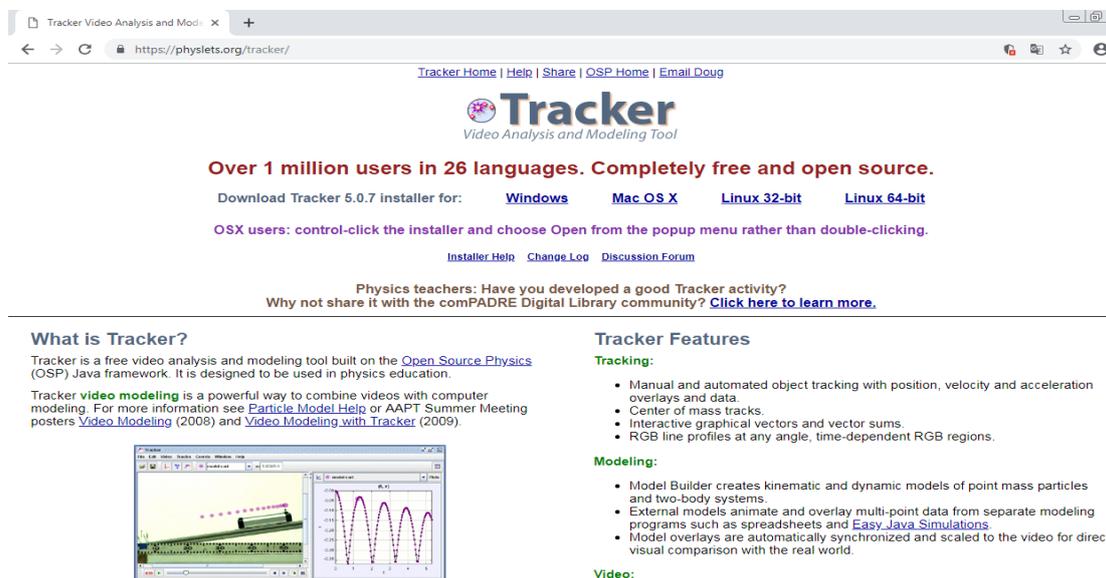


Fonte: O Autor (2019)

## 5.1 TRACKER APRESENTAÇÃO E INSTALAÇÃO

Com o compromisso de divulgar tecnologias livres que apresentem as características tais como acessibilidade, qualidade e baixo custo. Optamos pelo software *Tracker* ligado ao projeto Open Source Physics (OSP), [www.opensourcephysics.org/](http://www.opensourcephysics.org/) projeto este que busca desenvolver softwares, vídeos e simulações computacionais de fenômenos, tudo voltado para serem aplicados no ensino de Física. Cabe ressaltar que o Tracker é um software desenvolvido em linguagem java, ou seja multiplataforma podendo ser instalado nas plataformas Windows, Linux e Mac Os entre outras. Para o download e bom funcionamento do Tracker é pré-requisito a instalação, podemos encontrar informações na página eletrônica do software dado em ([www.physlets.org/tracker/](http://www.physlets.org/tracker/)). Feito o download execute os arquivos em seu computador de acordo com as instruções de instalação contidas na página eletrônica do Tracker e siga as instruções de instalação referente ao seu sistema operacional utilizado.

Figura 4 – Tela indicando os sistemas operacionais para download do Tracker



The screenshot shows the Tracker website homepage. At the top, there are navigation links: Tracker Home | Help | Share | OSP Home | Email Doug. The main heading is "Tracker Video Analysis and Modeling Tool". Below this, it states "Over 1 million users in 26 languages. Completely free and open source." and provides download links for "Windows", "Mac OS X", "Linux 32-bit", and "Linux 64-bit". A note for OS X users says: "OSX users: control-click the installer and choose Open from the popup menu rather than double-clicking." There are also links for "Installer Help", "Change Log", and "Discussion Forum". A section for physics teachers asks if they have developed a good Tracker activity and provides a link to learn more. The page is divided into two columns: "What is Tracker?" and "Tracker Features".

**What is Tracker?**  
Tracker is a free video analysis and modeling tool built on the [Open Source Physics \(OSP\)](#) Java framework. It is designed to be used in physics education.  
Tracker **video modeling** is a powerful way to combine videos with computer modeling. For more information see [Particle Model Help](#) or AAPT Summer Meeting posters [Video Modeling \(2008\)](#) and [Video Modeling with Tracker \(2009\)](#).

**Tracker Features**

**Tracking:**

- Manual and automated object tracking with position, velocity and acceleration overlays and data.
- Center of mass tracks.
- Interactive graphical vectors and vector sums.
- RGB line profiles at any angle, time-dependent RGB regions.

**Modeling:**

- Model Builder creates kinematic and dynamic models of point mass particles and two-body systems.
- External models animate and overlay multi-point data from separate modeling programs such as spreadsheets and [Easy Java Simulations](#).
- Model overlays are automatically synchronized and scaled to the video for direct visual comparison with the real world.

**Video:**

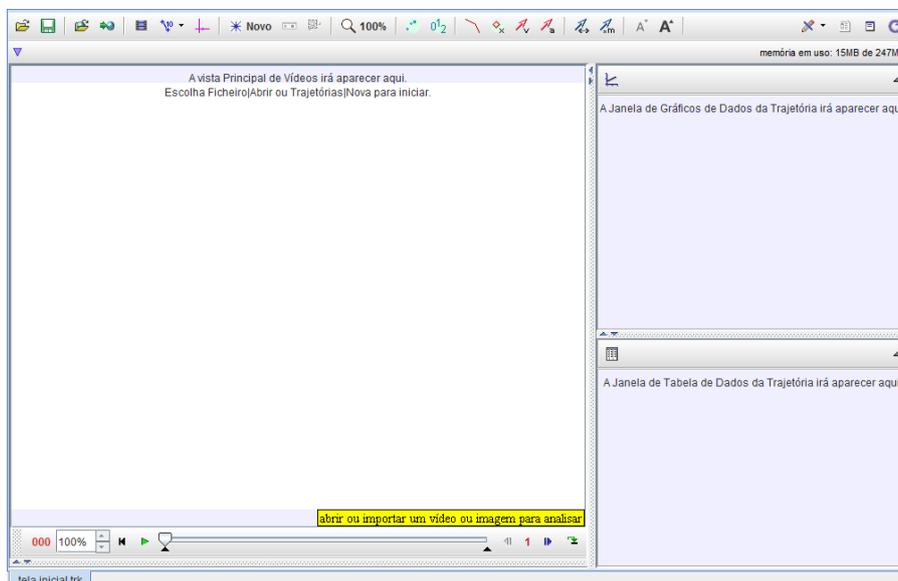
Fonte: [physlets.org/tracker/](http://physlets.org/tracker/)

Nota: Print Screen da Tela do site.

Após baixar e executar os arquivos o software já estará funcionando a figura 6 representa a tela inicial do programa. Mais detalhes sobre os recursos,

possibilidades, aplicabilidade do software e como potencializar o seu uso em videoanálise são descritos no produto educacional que constitui parte do apêndice desta dissertação.

Figura 5 - Tomada da tela inicial do Tracker



Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da Tela do software.

## 5.2 APRESENTANDO O TRACKER A TURMA

Os conteúdos propostos para realização de experimentos e aplicação da videoanálise e sobre os quais discorreremos nesta dissertação são: Movimento Uniforme (MU), Movimento Uniformemente Variado (MUV), Trabalho, energia e suas transformações. Os fundamentos conceituais e características para cada um deles foram ministrados em momentos distintos do bimestre letivo nas aulas que antecederam o primeiro contato com o Tracker. A sequência vivenciada foi de acordo com as leituras e a ordem de apresentação de conteúdos proposta pelo GREF, (2001). Nas aulas expositivas foi usado também o recurso da pesquisa através de leituras contidas no próprio livro didático. Associamos a isto o experimento e a aplicação do software com a videoanálise proporcionando uma melhor visualização dos fenômenos estudados.

Concluída a instalação e a organização dos conteúdos de forma hierárquica com graus de generalidade à especificidade como sugere a teoria Ausubeliana, (para mais detalhes reler o tópico 2.4, pág 17). As atividades

tiveram sua continuidade na sala de informática onde a turma pôde ter o primeiro contato com o Tracker. Iniciamos esta parte da metodologia expondo o que é uma videoanálise e como ela iria nos auxiliar e seria empregada na compreensão dos conteúdos já explanados nas aulas anteriores. Serviu como base para este momento os textos que estão contidos nos capítulo 4 tópico 4.2 desta dissertação (a videoanálise associada ao experimento) e no capítulo 1 tópico 1.1 do produto educacional (Videoanálise o que é?).

Nestas primeiras aulas apenas orientamos os alunos no sentido de conhecer e explorar os recursos e possibilidades do programa, para isso usamos os vídeos e tutoriais que fazem parte de uma biblioteca contida no próprio Tracker. O desenvolvimento deste processo transcorreu normalmente sem maiores dificuldades apesar da falta de habilidade no uso do computador por parte de alguns alunos, registro que isso se deve a falta de contato e manuseio, pois, aqueles que apresentaram esta característica não faziam uso do computador frequentemente. O fato de poder dispor de um computador por aluno possibilitou que a prática e aprendizagem de funções e possibilidades do software fosse sendo construída de forma contínua sendo sempre por nós monitorada. As fotografias 2 e 3 são registros destas aulas de introdução a videoanálise e ao Tracker.

Fotografia 2 – Introdução à videoanálise e ao Tracker.



Fonte: O Autor (2019)

Fotografia 3 – Introdução à videoanálise e ao Tracker.



Fonte: O Autor (2019)

### 5.3 O PRÉ-TESTE, A ELABORAÇÃO DO EXPERIMENTO E O PÓS-TESTE

Seguindo a proposta de ministrar os conteúdos programáticos de forma diferenciada partimos da Dinâmica para chegar a Cinemática após uma sequência de aulas onde os conceitos foram explanados um questionário foi aplicado à turma envolvendo questões que versam sobre os eixos temáticos destes dois ramos da Física. O objetivo aqui é identificar em que nível de conhecimento a turma se encontra em relação aos conceitos já ministrados e discutidos em sala de aula e assim inserir a videoanálise para ampliar a visualização dos fenômenos físicos estudados, interpretar gráficos e analisar tabelas de dados que irão auxiliar a compreensão dos conceitos envolvidos, conduzindo estes dados à sua aplicação nas expressões matemáticas que estão associadas aos conceitos teóricos. A tabela 3 registra o quantitativo de acertos obtidos na aplicação prévia do questionário cujo modelo se encontra nos anexos deste trabalho, apêndice B.

Tabela 3 - Número de acertos da turma por questão para o pré-teste.

Alunos	Nº da Questão/Grau de dificuldade										Total de acertos
	Nível fácil (1-4) - Nível Médio (5-6) – Nível difícil (7-10)										
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
01	X	X		X	X		X				05
02	X	X		X	X		X				05
03	X	X		X	X		X				05
04		X		X	X						03
05	X	X	X	X	X	X	X		X	X	09
06	X	X	X	X	X	X	X		X	X	09
07	X	X		X	X	X	X				06
08	X	X		X	X	X		X			06
09	X	X		X	X			X			05
10	X	X									02
11	X	X	X	X	X	X	X				07
12	X	X	X	X	X	X	X	X			08
13	X	X	X	X	X	X		X			07
14	X	X	X	X	X		X				06
15	X	X		X	X						04
16	X	X		X	X		X				05
17	X	X		X	X		X				05
18	X	X	X	X	X						05
19		X			X						02
20	X	X	X	X	X	X		X			07
21	X	X			X						03
22	X	X	X	X	X	X			X		07
23	X	X	X	X	X	X	X	X		X	09
Acertos/Questão	21	23	10	20	22	10	12	06	03	03	130

Fonte: O Autor (2019)

Uma análise da quantidade de questões acertadas associada ao grau de dificuldade (vide tabela) nos traz a constatação de que houve uma maior

concentração de acertos nas questões de números 4 a 7 que podemos situar entre a fronteira do nível fácil e a totalidade do nível médio. Interpreto esses dados como indicação de que os conteúdos previamente ministrados haviam sido assimilados parcialmente e que alguns necessitavam ser esclarecidos e demonstrados para uma melhor interpretação construtiva por parte da turma.

Assim, aplicado o pré-teste e vencida a etapa do reconhecimento do Tracker seguimos para elaboração do primeiro experimento que seria então utilizado para o estudo dos conteúdos elencados anteriormente. A montagem escolhida foi a do modelo de um bate-estaca (figura 6) cujo roteiro de construção consta no fascículo 3 do material pedagógico da Lego Education que tem por título energia e potência. (Zoom –Ensino médio – PIETROCOLA, 2012)

Figura 6 – Bate estacas



Fonte: Material Lego/ professor

Nota: Print Screen do material digital Lego/professor – Distribuidor exclusivo Lego Education

Antes de iniciar a construção do experimento a turma assistiu a um vídeo de um bate-estaca em funcionamento, pois, alguns alunos não conheciam que tipo de máquina era está, nem tão pouco seu funcionamento. O vídeo reproduzido pode ser acessado no link referenciado na bibliografia. Sequencialmente demos início à montagem do modelo.

Para a montagem foram seguidas as orientações do projeto lego zoom com a turma dividida em grupo de quatro alunos seguindo o passo a passo de construção do protótipo trazido no fascículo. Este não era o primeiro contato da classe com o material da lego, outros trabalhos já haviam sido realizados. Por conta deste fator o modelo ficou pronto no tempo hábil de 2 horas/aula, no entanto, era a primeira vez que uma montagem estaria sendo associada a um software para a videoanálise. A fotografia 4 registra os momentos de construção do bate-estaca.

Fotografia 4 – Montagem do Bate estaca



Fonte: O Autor (2019)

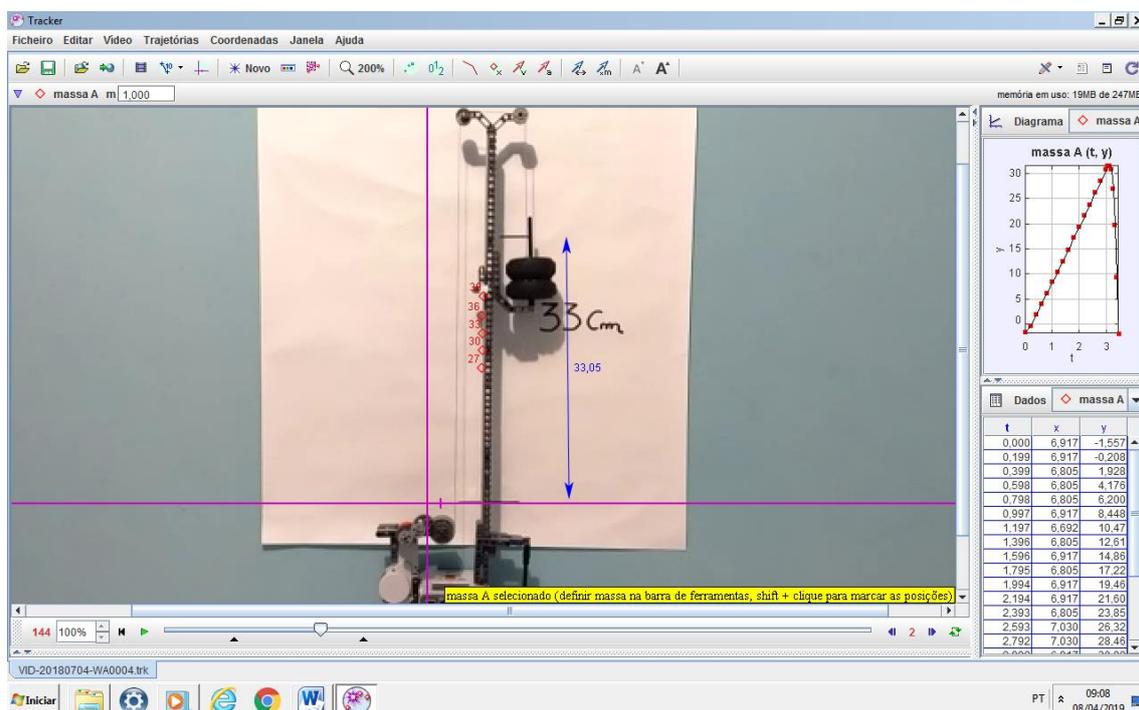
#### 5.4 A FILMAGEM DO EXPERIMENTO

Registrar um experimento para videoanálise requer alguns preparativos para que o vídeo possa estar adequado e possibilite ao software que irá ser utilizado, alcançar um melhor desempenho. Estes cuidados específicos independem do software que será utilizado, pois, todos trabalham com determinados parâmetros que envolvem a informação prévia de medidas e escalas, inclusive existindo alguns para os quais tais dados devem ser mais específicos do que outros. Descrevemos mais informações sobre estes itens no capítulo 1 tópico 1.4 do produto educacional: Recomendações para otimizar o uso do Tracker.

Devido a estes fatores a filmagem do experimento não foi executada no ambiente da sala de aula, também não seria produtivo cada grupo dedicar-se

nestes primeiros momentos a filmar, então, após todos os grupos terminarem a montagem foi escolhido um dos modelos, filmado, e os alunos receberam o arquivo de vídeo já em condições de inserir no Tracker para a videoanálise. A figura 7 é uma captura de tela do vídeo pausado já em execução no software. Observe que ao lado já está esboçado do gráfico da posição em função do tempo como também a tabela elaborada a partir das posições ocupadas durante a trajetória de subida e descida do bate-estaca obtido a partir do rastreamento.

Figura 7 – Vídeo do Bate estaca em execução no Tracker

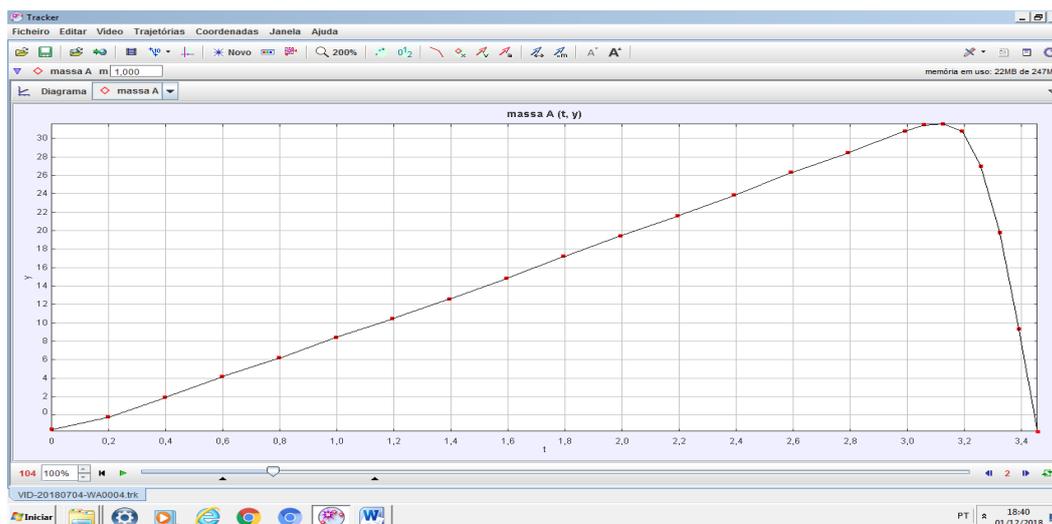


Fonte: O Autor (2019)

Mesmo já tendo sido instruídos num primeiro momento quanto à forma de fazer o “rastreamento” do movimento algumas dificuldades foram enfrentadas pelos alunos, dificuldades estas esperadas e compreensíveis devido à falta do uso habitual do software. Para obtenção de resultado satisfatório, foi necessário refazer o processo nas aulas seguintes.

Após esta etapa de posse agora das representações gráficas (figura 8) e da tabela de dados (tabela 4) passamos a análise dos dados obtidos. Através da observação das características do gráfico esboçado os alunos puderam comparar o Movimento Uniforme e Uniformemente variado e diferenciá-los.

Figura 8 – Curva esboçada pelo Tracker para a subida e descida do Bate estaca



Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do software.

Tabela 4 – Dados obtidos pelo Tracker para subida e descida do Bate estaca

t	x	y
0.000	6.917	-1.557
0.199	6.917	-0.208
0.399	6.805	1.928
0.598	6.805	4.176
0.798	6.805	6.200
0.997	6.917	8.448
1.197	6.692	10.47
1.396	6.805	12.51
1.595	6.917	14.86
1.795	6.805	17.22
1.994	6.917	19.46
2.194	6.917	21.60
2.393	6.805	23.65
2.593	7.030	25.32
2.792	7.030	28.46
2.992	6.917	30.92
3.058	7.030	31.49
3.125	7.367	31.01
3.181	7.704	30.82
3.258	7.704	27.00
3.324	7.254	19.00
3.391	6.692	9.347
3.457	6.917	-1.782

Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do software.

A conclusão deste momento se deu com a aplicação do mesmo questionário (ver apêndice B) que foi respondido pela turma previamente antes da videoanálise. A turma foi submetida novamente às mesmas questões para que através da comparação dos questionários pudéssemos perceber se houve mudança no conceitual e na compreensão que os alunos apresentavam antes e após a aplicação do software sobre o fenômeno físico estudado. Os resultados obtidos estão expostos na tabela abaixo que relaciona o número da questão proposta com a quantidade de acertos da turma num total de 23 alunos utilizando a teoria de resposta ao item:

Tabela 5 – Número de acertos da turma por questão para o pós - teste.

Alunos	Nº da Questão/Grau de dificuldade										Total de acertos
	Nível fácil (1- 4) - Nível Médio (5 -6) – Nível difícil (7-10)										
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
01	X	X	X	X	X	X	X				07
02	X	X	X	X	X		X	X			07
03	X	X		X	X	X	X				06
04	X	X		X	X	X	X				06
05	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
06	X	X	X	X	X	X	X		X	X	09
07	X	X	X	X	X	X	X	X			08
08	X	X		X	X	X		X			06
09	X	X		X	X		X	X			06
10	X	X	X				X	X			05
11	X	X	X	X	X	X	X				07
12	X	X	X	X	X	X	X	X			08
13	X	X	X	X	X	X	X	X			08
14	X	X	X	X	X	X	X				07
15	X	X		X	X	X	X				06
16	X	X		X	X	X	X				06
17	X	X		X	X		X				05
18	X	X	X	X	X						05
19	X	X			X	X	X				05
20	X	X	X	X	X	X	X	X			08
21	X	X			X	X	X				05
22	X	X	X	X	X	X	X		X		08
23	X	X	X	X	X	X	X	X		X	09
Acertos/Questão	23	23	14	20	22	18	21	10	03	03	157

Fonte: O Autor (2019)

Em comparação com os dados obtidos anteriormente tomando como parâmetro o número de acertos obtidos pela turma temos para o pré-teste um total de 130 acertos em 230 possíveis um índice de 56,5%. Observando agora

a tabela que registra os dados do teste posterior à videoanálise obtemos um total de 157 acertos perfazendo 68% contabilizando um crescimento de 12,5% no número de respostas certas. Uma análise apurada por questão indica uma variação na quantidade de acertos das questões de número 01 e 03 (nível fácil), número 06 (Nível médio), e 07, 08 (Nível difícil) conforme tabela abaixo. As demais se mantiveram inalteradas.

Tabela 6 – Variações na quantidade de acertos por questão. Pré e pós-teste

Questão Número	Nº de Acertos/ Pré-teste	Nº de acertos/Pós-teste
01	21	23
03	10	14
06	10	18
07	12	21
08	06	10

Fonte: O Autor (2019)

Desejando ainda uma análise do crescimento do quantitativo de alunos acima da média antes e pós-teste tomando como parâmetro a média 6,0 o que equivaleria a Seis acertos, obtemos os seguintes dados: pré-teste 11 alunos num universo de 23 com índice igual ou acima de 6,0 determinando 47% de aprovação. No pós-teste considerando o mesmo universo temos 18 alunos com índice para aprovação, isto é, 78%. Crescimento de 31%.

Concluiremos este capítulo com um cronograma de atividades, onde apresentamos os conteúdos na sequência em que foram ministrados, relacionando o tempo pedagógico (horas/aula – h/a) às etapas de: aplicação, reconhecimento e manuseio do software Tracker, a observação e análise dos gráficos e tabelas pelos alunos, culminando com o Pós-teste. Deixaremos também sugestão de um experimento de baixo custo, para ampliar as possibilidades de utilização do laboratório associado a videoanálise.

## CRONOGRAMA DE REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES

Tabela 7 – Cronograma de realização das atividades

Etapas/Conteúdos	Fevereiro – h/a				Março – h/a				Abril – h/a			Maio h/a		
Quantidade de Movimento	3													
Conservação da quantidade de Movimento		3												
Variação da quantidade de Movimento			2											
Força (Leis de Newton)				4										
Conservação de Energia					3									
Variação de energia						3								
Trabalho							4							
Energia Mecânica								2						
Aplicação do pré - Teste									2					
Oficina de Videoanálise										6				
Iniciação ao Tracker											4			
Montagem/Filmagem												4		
Análise e estudo de Gráficos e tabelas													2	
Aplicação do Pós-Teste														2

Fonte: O Autor (2019)

### **Sugestão de um Experimento de baixo custo (copo com óleo)**

Como sugestão para estudo do Movimento Uniforme apresento também a proposta de realização de um experimento de baixo custo, que pode substituir o uso do kit de robótica aqui exposto. Experimento este que faz uso de um copo de vidro, óleo e uma pequena esfera de metal. Ainda que não tenha aplicado tal experimento com a turma apresento o roteiro e execução deste no manual que compõe o apêndice A deste trabalho.

## 6 DIFICULDADES, PERSPECTIVAS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Apresentaram-se como impedimentos ao desenvolvimento das atividades durante a execução do trabalho, algumas situações específicas que foram contornadas tais como:

- Alinhamento do programa e sequência de conteúdos da disciplina de Física, contida na matriz curricular do regime da escola integral com a sequência proposta no GREF. Foi solucionada com um planejamento paralelo.
- Organização dos conteúdos trazidos no livro didático em uso na escola com a nova ordem destes conteúdos. Foi solucionada com um planos de aula paralelos para cada semana.
- Instalação do software Tracker em alguns computadores do laboratório, esse problema ocorreu por defeitos técnicos das máquinas ou ausência de requisitos básicos para o perfeito funcionamento do software. Substituímos os que não funcionaram perfeitamente.
- Resistência de alguns alunos ao uso das tecnologias de informação e comunicação devido a falta de manuseio e habilidade com as mesmas. Contornamos com oficinas e acompanhamento individual durante as aulas.

### 6.2 PERSPECTIVAS

Diante do processo vivenciado e exposto neste trabalho apresentam-se como expectativas:

- 1- Capacitar docentes para a utilização das ferramentas computacionais em específico o Tracker. Uma vez que o não conhecimento ou a falta de habilidade limitam o uso e a inserção de tais softwares interativos no ambiente didático, pois, como diz Azenha:

*“Para que as tecnologias sejam aliadas ao ensino é preciso pensar em um tripé: infraestrutura, conteúdo digital e capacitação de professores”.  
Em “todos eles ainda é preciso melhorar, sobretudo nos dois últimos”  
(Azenha, 2015, p. 10).*

- 2- Apoiar e dinamizar as práticas experimentais.
- 3- Utilizar os recursos tecnológicos e dispositivos móveis tais como celulares, tablets e computadores, como aliados no processo de ensino aprendizagem ao invés de tê-los como competidores.
- 4- Aperfeiçoar e aplicar a videoanálise a outros ramos e conteúdos da Física.
- 5- Inserção e testes de metodologias de ensino de física através de métodos diferenciados de ensino

### 6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso trabalho mostra-se promissor com relação à criação de otimismo dos processos de ensino e aprendizado de Física, com uma maior interação dos discentes com a parte prática da Física, vemos uma maior melhoria nos desempenhos educacionais dos alunos. O produto educacional em apêndice nesta dissertação traz inúmeros detalhes necessários à replicação do nosso trabalho por docentes.

Produto educacional e processos de ensino e aprendizagem que utilizem tecnologias de informação e comunicação tais como: aplicativos para computadores, mídia para tablets, softwares (como o apresentado neste trabalho), plataforma para simulações e modelagem computacionais, aquisição automática de dados, apresentam-se como aliados na obtenção de resultados que visem uma aprendizagem significativa. Tais instrumentos são hoje recursos que não podem ser ignorados devido às suas peculiaridades dentre as quais ressaltamos: A inserção do aluno no âmbito das novas tecnologias de informação, a motivação e o despertamento do interesse.

Associados à Física experimental ampliam as possibilidades de visualização, possibilitam questionamentos através da análise e interpretação de gráficos e tabelas. E por meio da inserção e ausência de variáveis presentes no fenômeno estudado favorecem a aquisição de dados que explorados com uma metodologia adequada contribuem significativamente para a compreensão aproximando a linguagem conceitual do método prático.

Concluo dessa forma com a citação feita pelo professor Daniel G.G. Sasaki (CEFET- RJ) no livro Experimentos e Videoanálise-Dinâmica escrito pelo professor Vitor Luiz Bastos de Jesus:

*“A videoanálise não é apenas um modo eficiente e barato de obter medidas precisas, mas um instrumento que pode fornecer subsídios para a própria modelagem matemática, extraindo relações dinâmicas entre os parâmetros do experimento”.*

*(Experimentos e Videoanálise - Dinâmica- Vitor Luiz Bastos de Jesus, pág. 11).*

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Filho J.P. **Atividades Experimentais: Do Método à prática Construtivista**. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2000.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**.(2003)
- AZENHA, G. **Educação contínua analógica**. **Jornal do Comércio de Pernambuco, (2015)**
- BERNARDO, Nívio Antônio Ribeiro - (Dissertação) **A importância da simulação computacional como material potencialmente significativo para o ensino da Física** (2015).
- BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de, - **Ensino de Física – Coleção: Ideias em ação**. Editora CENGAGE, 2011.Cengage Learning, 2013.
- CHASSOT, Attico – **A ciência através dos tempos** –São Paulo – Editora Moderna, 1994.
- CLEBSCH, Mors – 2004 -
- DOMINGOS, Juiz José.et al. – **A reforma do ensino Médio: A nova formulação curricular e a realidade da escola pública** (artigo) – Revista Educação e Sociedade, ano XXI, nº 70 , Abril/ 2000 Editora da UFRGS.
- DOMINGOS, Juiz José.et al. **Educação e Sociedade** - Abril/2000
- EINSTEIN, Albert Leopold infeld – **A evolução da Física** – Rio de Janeiro – Jorge zahar Editora, 2008
- FERRARO, Nicolau Gilberto – **Os movimentos: pequena abordagem sobre mecânica** – 2ª Edição. Editora Moderna – São Paulo 2003
- HEWITT, Paul G. – **Física Conceitual**. 9ª Edição Editora Bookman, Porto Alegre – 2002.
- JESUS, Vitor Luiz Bastos – **Experimentos e videoanálise-dinâmica** – 1ª Edição – São Paulo: Editora Livraria da Física,2014
- JUNIOR, Arandi Ginane Bezerra. Et al. – **Videoanálise no Ensino de Física um exemplo de aplicação e modelagem científica** - 2013
- MARANHÃO, Felipe Renier – **Lego Zoom: Ferramenta para obtenção de dados experimentais para o ensino Fundamental** – (Dissertação) – Brasília 2015

MARIUZZO, PATRÍCIA E MORALES, PAULA Ana – **Revista Ciência e Cultura** – Vol 70 – São Paulo – Junho/2018

MÁXIMO, Antônio e ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física**. Volume 1. São Paulo

MENEZES, Luiz Carlos de. Et al. **Física 1 – Mecânica**. 7ª Edição – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001

MOREIRA, M. A. (1983). **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre:

MOREIRA, Marco Antônio – **Aprendizagem significativa crítica** (artigo)

MOREIRA, Marco Antônio – **Teorias de aprendizagem** – São Paulo EPU 1999.

NARDI, Roberto – **Pesquisa em Ensino de Física** – Editora: Escrituras, 3ª Edição 2004.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés – **Curso de Física Básica, 1 – Mecânica**

OSTERMANN, Fernanda e Cavalcanti, HOLANDA, Jose Claudio de - **Teorias de aprendizagem/** ufrgs 2010 –

PIETROCOLA, Maurício. et al. – **Zoom – Ensino médio, Fascículo 3 – Energia e Potência** – Zoom Editora Educacional – 1ª Edição, 2012

TOLEDO, Paulo Antônio de - **Os fundamentos da Física** 8ª Edição revista ampliada.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. **O papel da experimentação no ensino da física**. Caderno Brasileiro de Física, v.20, 2003

SOUZA, Fernando Antônio Araújo de. - **Vídeo-aulas com abordagem experimental: uma proposta didática para o ensino de física nos cursos integrados de nível médio e superior do IFPE Caruaru**. - 2017.

STEWART, James. **Calculo, volume I**, Tradução da 7a ed. norte americana, Sao Paulo

VILLANI, A. **Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: Práticas, Conteúdos e Pressupostos**. Revista de Ensino de Física, vol. 6, nº 2, 1984. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol06a18.pdf>. Acesso em: 10 JUL. 2018.

VILLATORRE, Aparecida. **Metodologia do Ensino de Matemática e Física**, Editora: Intersaberes, 2012

VILLATORRE, Aparecida et al. **Didática e avaliação em Física**, Editora: Intersaberes, 2008

WALKER, JEARL. **Fundamentos de Física**, volume 1: Mecânica – Halliday & Resnic

## SITES PESQUISADOS

[www.opensourcephysics.org/](http://www.opensourcephysics.org/) - último acesso em 25 de julho de 2019)

<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/webstart/tracker.jnlp> - Último acesso em 15/10/2018.

[http://www.java.com/pt\\_BR/download/](http://www.java.com/pt_BR/download/) - Último acesso em 15/10/2018.

<http://www.apple.com/quicktime/download/> - Último acesso em 15/10/2018.

[www.youtu.be/pm0aZcRIYqI](http://www.youtu.be/pm0aZcRIYqI). – Último acesso em 15/06/ 2018

[www.educacao.pe.gov.br](http://www.educacao.pe.gov.br) – Último acesso em 25/07/2019

[www.physlets.org/Tracker](http://www.physlets.org/Tracker) – Último acesso 25/07/2019

[www.novaescola.org.br/bncc](http://www.novaescola.org.br/bncc) - Último acesso 10/10/2019

[www.if.usp.br/gref](http://www.if.usp.br/gref) - Último acesso 10/10/2019

## **APÊNDICE A- PRODUTO EDUCACIONAL**

### **MANUAL DE VIDEOANÁLISE ATRAVÉS DO SOFTWARE TRACKER COM EXPERIMENTOS DE FÍSICA CLÁSSICA PARA O ENSINO MÉDIO**

#### **PRODUTO EDUCACIONAL**

**Vanailson Rodrigues Maciel**

**Caruaru  
2019**

## APRESENTAÇÃO

### **Prezados (as) professores (as)**

Ensinar Física, promover aprendizagem, despertar o interesse do discente, conscientizar da importância da disciplina enquanto ciência e componente curricular necessária à formação geral, fazer uso das novas tecnologias de informação, ensinar para a vida. Este é o cenário posto. Visando contemplar estes requisitos, este manual que é parte integrante da dissertação sendo exposto como produto educacional, busca explorar as possibilidades de utilização do software Tracker na videoanálise de modelos experimentais que estão associados aos conteúdos de Física Clássica para o ensino médio nos ramos da Mecânica e Dinâmica. Os modelos experimentais apresentados aqui foram aplicados em consonância com a explanação dos eixos temáticos (conteúdos), vivenciados em sala de aula. Foram utilizadas montagens do kit de robótica educacional 9797 da Lego Zoom, presentes nas escolas da rede estadual de Pernambuco desde 2006 e também experimentos e vídeos elaborados e construídos com materiais de baixo custo sendo estes, indicados e cedidos pelo professor Dr. João Liberato de Freitas, orientador deste trabalho.

O uso da ferramenta computacional (software Tracker) traz consigo a visualização, obtenção e comparação de dados que usados em conjunto com a atividade experimental possibilitou uma forma mais atrativa e interativa para a exposição do conteúdo como também uma maior compreensão dos fenômenos físicos estudados. Ao longo deste manual serão apresentados os roteiros de construção/montagem dos experimentos e dos conteúdos sugeridos para sua exploração, um breve tutorial de recursos e possibilidades de como usar o Tracker, como obter este software gratuitamente através da internet e sugestões de questionários que podem ser aplicados e/ou ampliados para aferir o indicador ensino aprendizagem.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>O SOFTWARE TRACKER E A VIDEO-ANÁLISE.....</b>	<b>61</b>
1.1	VIDEOANÁLISE E VÍDEO, O QUE SÃO?.....	61
1.2	O SOFTWARE TRACKER.....	64
1.3	COMO BAIXAR E INSTALAR O TRACKER.....	67
1.4	RECOMENDAÇÕES PARA OTIMIZAR O USO DO TRACKER.....	69
<b>2</b>	<b>MATERIAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO.....</b>	<b>71</b>
2.1	MONTAGEM DO BATE ESTACA.....	71
2.2	METODOLOGIA APLICADA/ MU E MUV.....	73
2.2.1	CARACTERIZANDO MU E MUV.....	73
2.2.2	EXPLORANDO MU E MUV ATRAVÉS DA VIDEO-ANÁLISE.....	74
2.2.3	ROTEIRO PARA RASTREAMENTO.....	75
2.2.4	SUBSUNÇORES RECOMENDADOS PARA COMPREENSÃO DO MU E DO MUV.....	76
2.2.5	OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS.....	76
2.2.6	SUGESTÕES PARA ABORDAGEM DA VIDEOANÁLISE.....	76
2.2.7	INTRODUZINDO AS FUNÇÕES.....	79
2.2.8	VÍDEOANÁLISE DO MU COM EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO...	81
<b>3</b>	<b>SUBSUNÇORES RECOMENDADOS PARA O ESTUDO DE CONTEUDOS EM DINÂMICA.....</b>	<b>85</b>
3.1	EXPLORANDO OS CONCEITOS.....	85
3.2	SUGESTÃO DE ATIVIDADE PROPOSTA.....	88
	<b>APÊNDICE B- MODELO DO QUESTIONÁRIO APLICADO A TURMA.....</b>	<b>89</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>91</b>

## INTRODUÇÃO

Ensinar Física nas turmas que compõem as séries iniciais do Ensino médio traz consigo algumas particularidades que acentuam a resistência e receio para com a disciplina. Tais sentimentos advindos já de épocas anteriores exigem da prática docente um planejamento e uma metodologia que possa atrair, interagir, promover a aprendizagem significativa e conscientizar da importância do estudo da disciplina para a formação geral e acadêmica dos indivíduos.

Entre estas particularidades podemos elencar:

- A enorme gama de conteúdos que compõe a grade curricular proposta para a primeira série do ensino médio. (é a mais extensa das três séries).
- O não conhecimento das possibilidades e potencialidades que revelam a importância da disciplina no cenário atual.
- A ausência de um primeiro contato nas séries anteriores, pois, para muitos alunos a transposição da disciplina de ciências, ministrada na série final do ensino fundamental (9º ano), que tem como objetivo introduzir os conceitos básicos da Física apresenta-se distante do que exige a Física lecionada no primeiro ano. E para muitos este primeiro contato ocorre mesmo nas séries iniciais do ensino médio.

Diante destes fatores é mister:

Lançar mão de experiências exitosas de outros profissionais, de tecnologias da informação (TI), de experimentos que aproximem o conteúdo do aluno e forneçam uma visualização de fenômenos por vezes tão abstratos. Tudo isso associado ao indispensável domínio de conteúdo por parte do docente, que orientará as concepções ou o conhecimento prévio do educando para que sobre esta base os conteúdos compostos por leis, teoremas, expressões matemáticas etc. que buscam explicar os fenômenos físicos possam alcançar significado para o aluno e motivá-lo a aprender, pois, sem dúvida temos mais facilidade de assimilar aquilo que nos motiva, e com esta motivação surge a pré-disposição para aprender que é outro fator fundamental para a aprendizagem significativa destacado por Gowin:

*“Para aprender significativamente, o aluno tem que manifestar uma disposição para relacionar, de maneira não-arbitrária e não-litera, à sua estrutura cognitiva, os significados que capta dos materiais educativos, potencialmente significativos, do currículo (Gowin, 1981).”*

Pensando nestes materiais educativos tais como, kits de robótica educacional, kits de experimentos, simuladores computacionais, softwares para videoanálise como o utilizado neste trabalho entre outros que estão cada vez mais presentes no ambiente de ensino. Temos como objetivo demonstrar que o software Tracker é potencialmente significativo. Constituindo-se um recurso a mais, útil na visualização, análise, obtenção e comparação de dados de fenômenos físicos, um instrumento que pode facilitar a aprendizagem desta natureza. Mesmo sendo à base da aprendizagem significativa, a presença de conceitos subsunçores, que correspondem a uma estrutura de conhecimento específico e que irá interagir com a nova informação objeto de aprendizagem, vale salientar também que haverá ocasiões em que o aluno será apresentado a áreas do conhecimento totalmente novas, inéditas para ele o que revela então a ausência de subsunçores. Pensando então na existência destes subsunçores, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios que são materiais que servirão de “ponte” entre aquilo que o aluno já sabe e o que deveria saber para que o novo conhecimento adquira significado.

Diante do exposto acima que caracteriza a aprendizagem significativa percebemos que seu êxito perpassa por implicações que colocam o aluno como centro, pois, se iniciam com o conhecimento prévio e a predisposição do indivíduo para aprender. Como afirma Rodríguez Palmero: Essa pré-disposição implica uma intencionalidade da parte de quem aprende. Esta por sua vez depende da relevância que o aprendiz atribui ao novo conhecimento (Rodríguez Palmero et...al, 2008 pág. 28). É nesse intuito que como docente sugiro a utilização dos instrumentos e recursos já anteriormente citados, para provocar a predisposição para aprender, motivar e conscientizar da importância do conhecimento a ser construído.

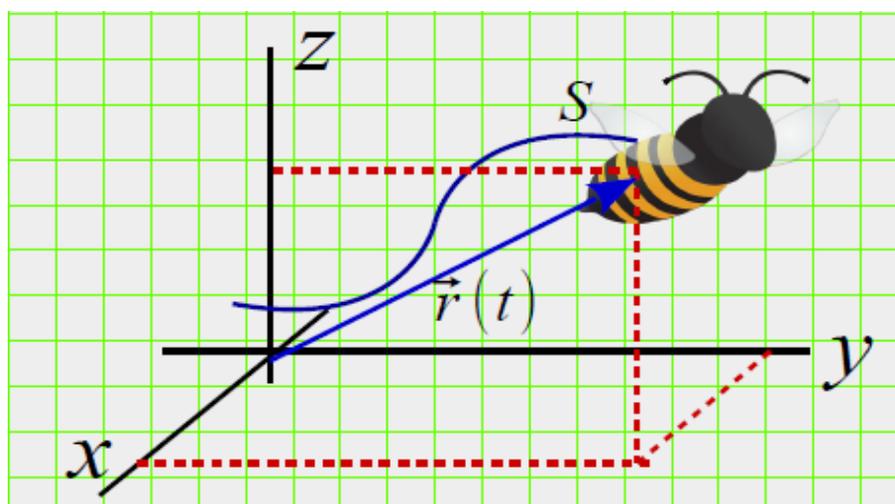
## 1 O SOFTWARE TRACKER E A VIDEO-ANÁLISE

### 1.1 VIDEOANÁLISE E VÍDEO, O QUE SÃO?

Segundo Rocha, Fajardo (2011) a videoanálise é um recurso que se utiliza de um instrumento para captura de imagem, (webcam, câmera de celular, câmera profissional etc.), de um **computador** e um **software** que tem a finalidade de receber a gravação e analisar o fenômeno físico reproduzido. As utilizações de vídeos têm ocupado papel de destaque em muitos segmentos da área educacional desde as videoconferências, palestras, aulas em plataformas virtuais, treinamentos etc. Uma videoanálise é a descrição das posições ocupadas por um objeto pontual em seu movimento. Essa descrição é feita por meio de uma função  $f(t)$  no transcorrer do vídeo, ou seja, é um método para determinar

$$\vec{r}(t) = X(t)\hat{i} + Y(t)\hat{j} + Z(t)\hat{k}$$

Figura 9 - Representação dos eixos de coordenadas com a localização de um objeto pontual



Fonte: Notas de aula do profº Dr. João Liberato de Freitas.

A descrição de um movimento é composta pelo estudo das grandezas a ele associadas, sejam elas constantes ou variáveis. Dessa forma tendo a posição e seu correspondente intervalo de tempo é possível se fazer um estudo analítico das demais grandezas que compõem o movimento, pois, por derivação da posição em função do tempo teremos a velocidade dada pela

(1.1.1) e a derivação da velocidade em função da posição nos dará a aceleração conforme (1.1.2)

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} = V_x(t) \hat{i} + V_y(t) \hat{j} + V_z(t) \hat{k} \quad (1.1.1)$$

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} = \frac{d^2\vec{r}(t)}{dt^2} = a_x(t) \hat{i} + a_y(t) \hat{j} + a_z(t) \hat{k} \quad (1.1.2)$$

Devido a sua fácil acessibilidade, simples manuseio e um custo relativamente baixo o vídeo ganhou status de recurso didático.

*“Tradicionalmente, os vídeos vêm desempenhando um papel destacado como recurso de mídia importante para fins didáticos (Sacerdote, 2010), (Clebsch, Mors, 2004).”*

Cabe aqui um breve relato do que é um vídeo e sua composição.

*“Designa-se por fotograma (frames ou quadros) a cada uma das imagens impressas quimicamente na fita de celuloide de um filme (figura 2). Projetadas a uma taxa de 24 quadros por segundo, produzem a ilusão de movimento (figura 3). Isto se deve a incapacidade do cérebro de processar as imagens enviadas pelo nervo ótico como fotografias separadas, quando dispostas sequencialmente a esta velocidade. Esta persistência na visão faz com que o cérebro misture as imagens seguidas, dando a sensação de movimento natural”.*

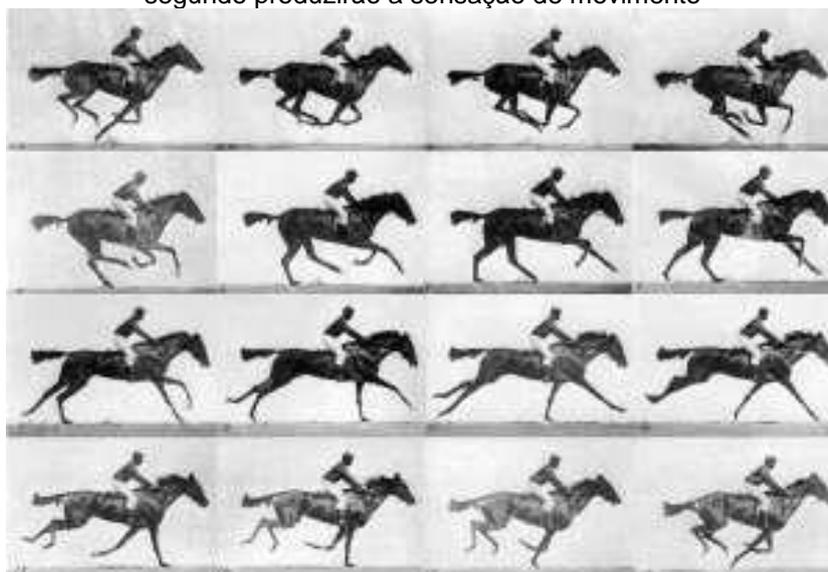
<https://vid8o.wordpress.com/tag/frames-por-segundo/>

Figura 10 representação de um frame para composição de movimento de um cavalo



Fonte: <https://vid8o.wordpress.com/tag/frames-por-segundo/>

Figura 11 – Sequência de frames (fotos) que reproduzidas à sequência de 24 frames por segundo produzirão a sensação de movimento



Fonte: <https://vid80.wordpress.com/tag/frames-por-segundo/>

Sobre a utilização do vídeo como instrumento didático nas maneiras citadas acima se admite uma classificação quanto a sua forma de uso:

- Forma passiva – É aquela em que não há nenhuma interação entre o aluno e o vídeo reproduzido. Ainda é a forma mais utilizada em centros educacionais. Tem o objetivo de reforço de conteúdo, ilustrar, informar, etc.
- Forma ativa – É aquela em que ocorre a interação dos alunos com o recurso didático vídeo. Motiva e oferece espaço para que o educando seja mais participativo.

Com a grande disponibilidade atual de recursos de captura de vídeos e o investimento de empresas e instituições em hardware e software capazes de editar e explorar vídeos de forma simples tem-se visto uma leve tendência a equilibrar esta balança. É aqui que a videoanálise se insere com suas possibilidades, estimulando o aluno a dar lugar ao seu eu-pesquisador promovendo uma maior compreensão do fenômeno físico em análise através da interação com o vídeo criado para analisar.

Em resumo, portanto, a videoanálise consiste em fazer uma captação de vídeo de um fenômeno físico ou atividade experimental e submetê-la a uma observação minuciosa explorando as possibilidades oferecidas pelo software com foco nas grandezas físicas que se deseja estudar. O programa base

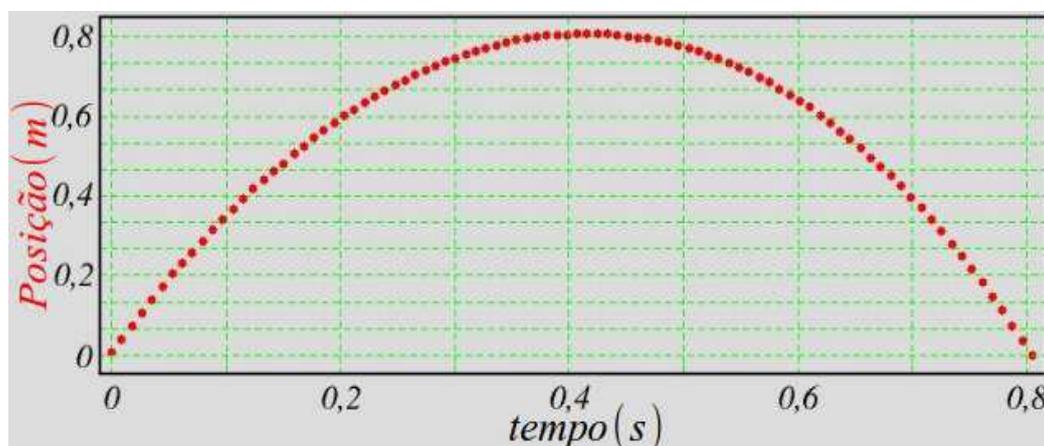
descrito neste manual é o TRACKER um software gratuito que faz parte do projeto Open Source Physics sobre o qual passamos a discorrer em seguida.

## 1.2 O SOFTWARE TRACKER

Com o compromisso de divulgar tecnologias livres que apresentem as características já mencionadas anteriormente tais como acessibilidade, qualidade e baixo custo optamos pelo software *Tracker* ([www.physlets.org/tracker/](http://www.physlets.org/tracker/) - acessado em 25 de julho de 2019), ligado ao projeto Open Source Physics (OSP) (<http://www.opensourcephysics.org/> - último acesso em 25 de julho de 2019) que busca desenvolver programas para serem aplicados no ensino de Física. Antes de qualquer coisa gostaria de salientar que o que está exposto aqui neste manual não visa esgotar as possibilidades do programa, é apenas uma maneira de demonstrá-lo como recurso potencialmente significativo para o ensino de Física e uma forma de instigar o leitor a fazer uso do software para um aperfeiçoamento e descoberta de suas reais possibilidades, sendo assim, não dispensa uma pesquisa e o download do mesmo nas fontes indicadas para um aprofundamento.

Uma das potencialidades do Tracker é a confecção de gráficos e tabelas a partir de dados obtidos nos vídeos (*figura 17*).

*Figura 12 – gráfico da posição em função do tempo. Obtido a partir da videoanálise de uma bolinha em queda livre.*



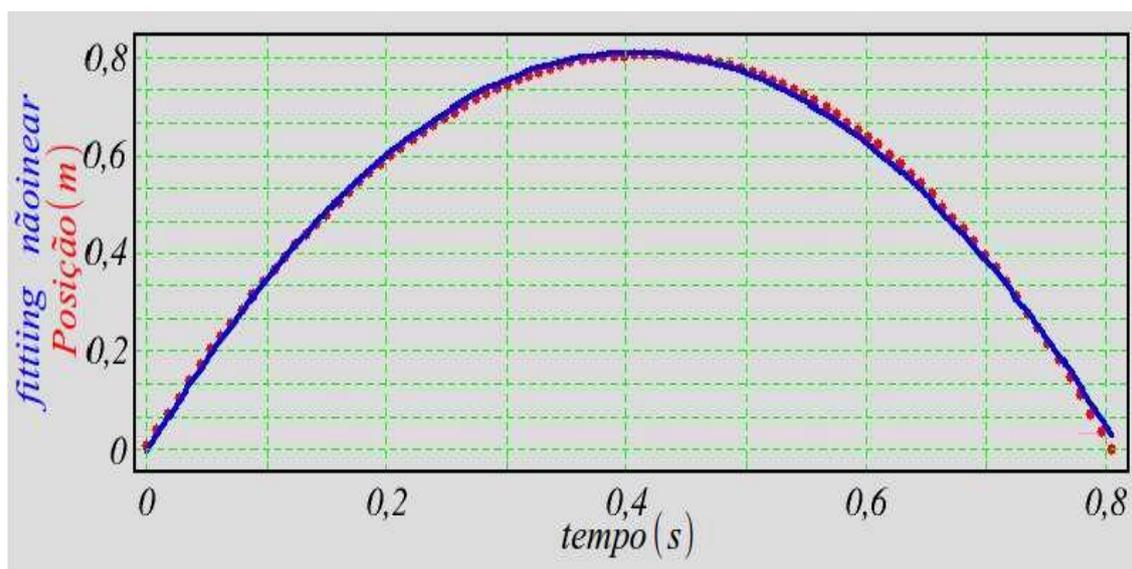
Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do Software

Observe a qualidade excepcional da parábola esboçada pelo software em comparação com o traçado deste tipo de gráfico presente na literatura impressa. Vale salientar que no processo de elaboração deste gráfico o aluno é agente ativo, pois o Tracker apresenta ainda a possibilidade de acompanhar o móvel marcando a posição manualmente, isto é, rastrear com o indicador de posição via mouse. À medida que o aluno vai inserindo posições o software se encarrega de seguir a trajetória descrita pelo móvel automaticamente. Para vídeos de trajetórias maiores e de difícil trackeamento (termo usual para o processo de definir a posição de um móvel objeto em videoanálise) pode-se usar o recurso *autotracker*, sob este comando do programa se encarregará de seguir o móvel quadro a quadro.

Com a obtenção destes gráficos é possível fazer o *fitting* (ajustes de curva) para relacionar as grandezas estudadas (*figura. 13*).

Figura 13– fitting não linear (curva cheia) – obtida por uso do método dos mínimos quadrados).



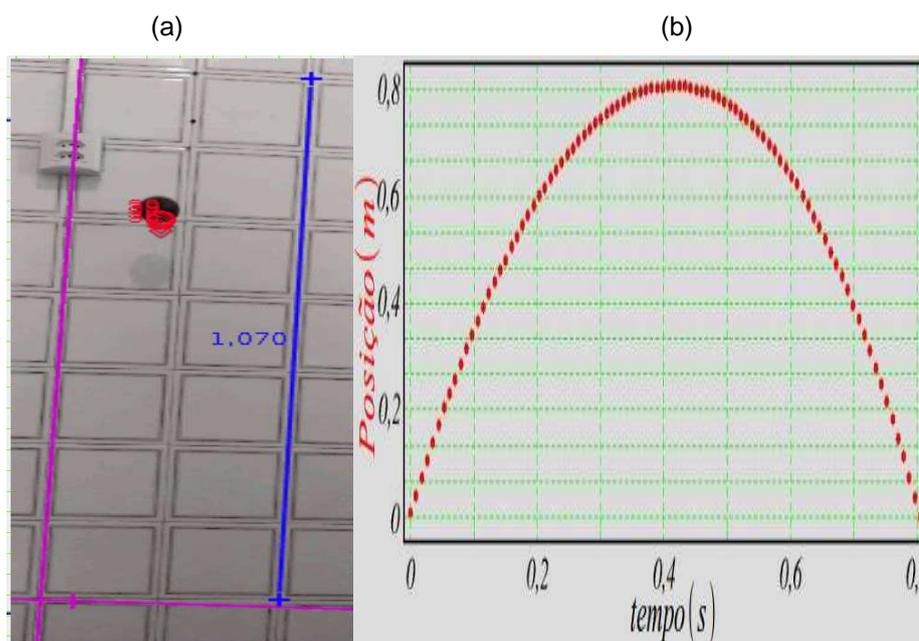
Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do Software

Para obter tais dados o Tracker utiliza a base de tempo do equipamento que filmou o fenômeno em questão (câmera, celular, web cam) que é dada em *frames (quadros) por segundo* conseqüentemente quanto melhor for a qualidade do equipamento usado para filmar melhor será a visualização e os resultados expostos. É necessário também informar ao programa qual é a

relação de escala entre o espaço físico real e a expressa no vídeo em pixels, o que pode ser feito de maneira simples se antes da filmagem medir previamente o tamanho de um objeto real que será filmado que pode ser uma régua, ou parte da montagem experimental, essa medida pode estar também registrada no plano de fundo do fenômeno a ser gravado. Veja na figura abaixo (*figura 14*) que foi utilizado como comprimento definido a medida da cerâmica da parede que serve como plano de fundo para a gravação. Tendo este comprimento bem definido na imagem do experimento podemos usar uma ferramenta do Tracker o bastão de calibração e inserindo um sistema de coordenadas (recurso também oferecido pelo software) rastreamos a posição da bolinha em função do tempo de queda e mais uma vez o gráfico é esboçado ao lado.

*Figura 14(a) – definição do comprimento tomando como base a medida da cerâmica da parede. Figura 14(b) – Gráfico da posição X tempo*



Fonte: O Autor (2019)

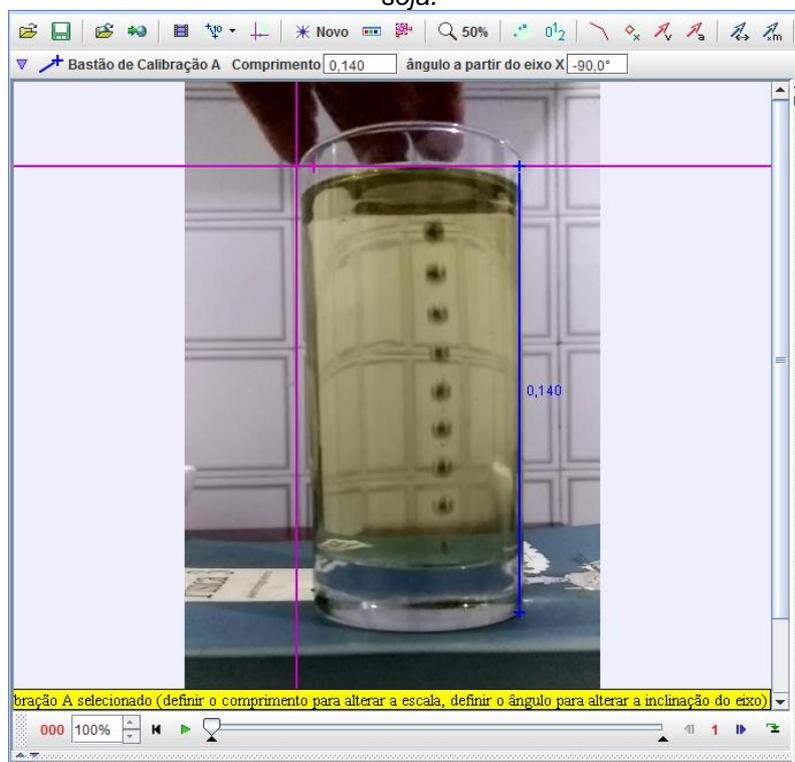
Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do Software

É possível também acompanhar a trajetória descrita por um móvel através do recurso **strobe** que reproduz uma foto estroboscópica do movimento. Uma foto estroboscópica é na verdade uma sucessão de fotos registradas pelo instrumento de captação de vídeo enquanto o móvel é

iluminado por uma lâmpada que pisca em intervalos de tempo bem pequenos (período conhecido) dessa forma o tempo entre cada uma das imagens é constante permitindo a visualização da posição ocupada pelo móvel em cada intervalo de tempo. São bastante úteis para discutir assuntos relacionados a mecânica. A figura 15 ilustra uma foto estroboscópica obtida no Tracker. Destaque mais uma vez para inserção do eixo de coordenadas e da definição de uma medida fixa (0,14 m – tamanho do copo) com o uso do **bastão de calibração** para que o programa possa ter a relação entre a medida real e a escala de vídeo em pixels.

Figura 15 – Foto estroboscópica de uma pequena esfera de metal em queda imersa no óleo de soja.



Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do Software

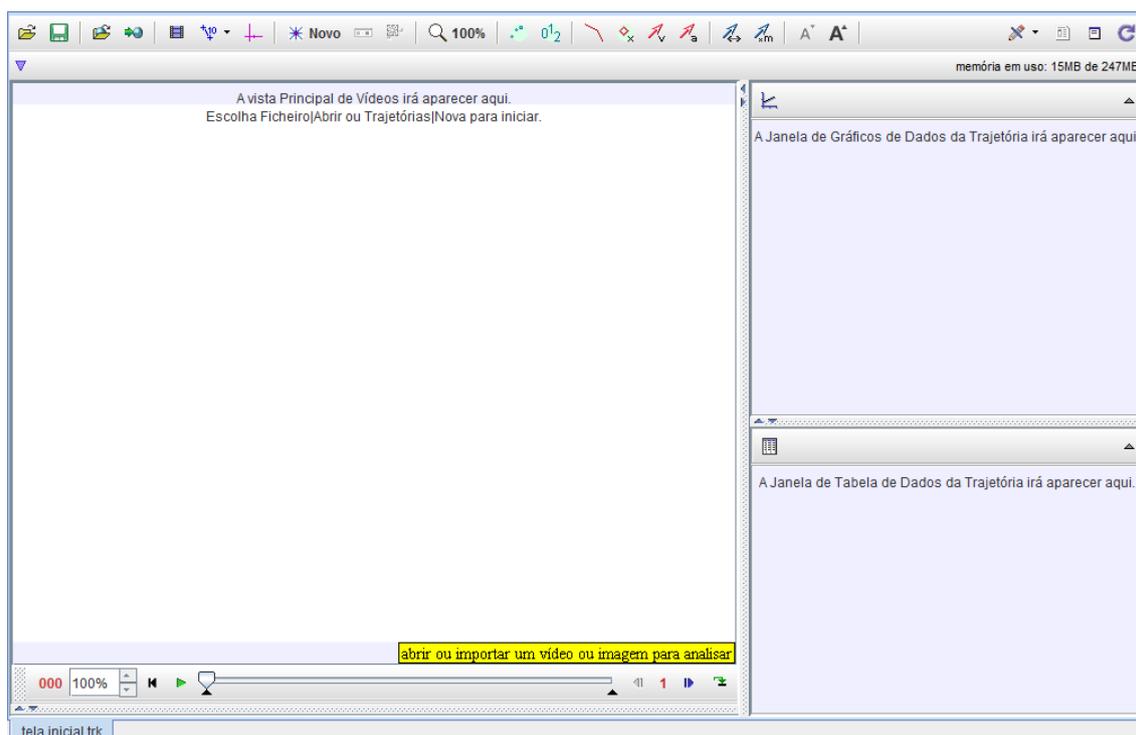
### 1.3 COMO BAIXAR E INSTALAR O TRACKER

Com o compromisso de divulgar tecnologias livres que apresentem as características tais como acessibilidade, qualidade e baixo custo. Optamos pelo software *Tracker* ligado ao projeto Open Source Physics (OSP) (<http://www.opensourcephysics.org/> - último acesso em 25 de julho de 2019) projeto

este que busca desenvolver softwares, vídeos e simulações computacionais de fenômenos, tudo voltado para serem aplicados no ensino de Física. Cabe ressaltar que o Tracker é um software desenvolvido em linguagem java, ou seja multiplataforma podendo ser instalado nas plataformas Windows, Linux e Mac Os entre outras. Para o download e bom funcionamento do Tracker é pré-requisito a instalação, podemos encontrar informações na página eletrônica do software dado em ([www.physlets.org/tracker/](http://www.physlets.org/tracker/) - acessado em 25 de julho de 2019). Feito o download execute os arquivos em seu computador de acordo com as instruções de instalação contidas na página eletrônica do Tracker e siga as instruções de instalação referente ao seu sistema operacional utilizado.

Após baixar e executar os arquivos o software já estará funcionando a figura 16 representa a tela inicial do programa.

Figura 16 – Tomada da tela inicial do tracker. Fonte: print da tela do Tracker



Fonte:O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do Software

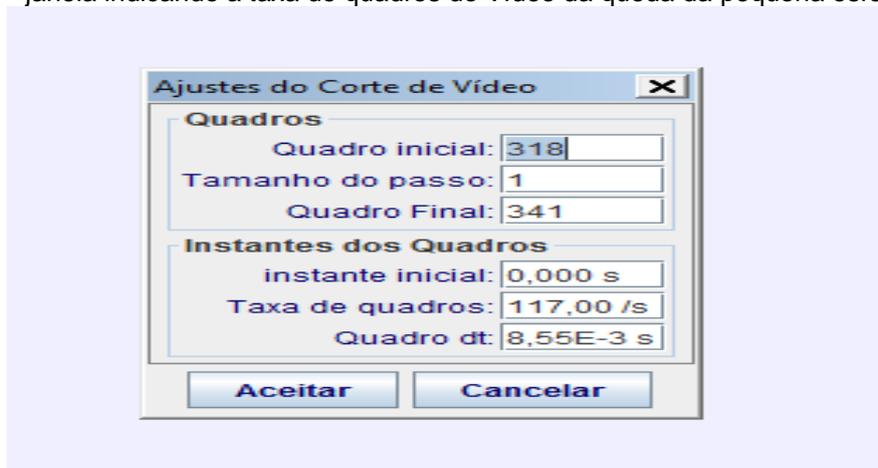
Nesta tela inicial existe uma barra de ferramentas disposta superiormente onde podemos encontrar um menu de ajuda. Clicando nele temos acesso a um tutorial ensinando passo a passo como abrir um arquivo de vídeo, identificar os

frames de um vídeo a ser analisado, calibrar, salvar um arquivo Tracker, filtros de vídeo, como obter um strobe (foto estroboscópica) importar arquivos para análise e exportar arquivos já analisados. Consta também uma biblioteca de vídeos que servem como modelo para visualizar os recursos disponíveis no software.

#### 1.4 RECOMENDAÇÕES PARA OTIMIZAR O USO DO TRACKER

Para obter os resultados esperados como clareza de reprodução, precisão de dados e otimizar os recursos do Tracker se faz necessário destacar algumas recomendações que de certa forma são comuns e aplicáveis a qualquer outro processo de videoanálise. Sendo a base de tudo o vídeo produzido a partir do experimento ou fenômeno físico filmado a qualidade de vídeo é fator essencial. Nesse ponto observar a qualidade do instrumento que fará a captura do vídeo é importante. A maioria dos instrumentos utilizados para tais fins e presentes no cotidiano (celulares, tablets, máquinas fotográficas, filmadoras etc) tem como configuração básica a captura de 30 frames (quadros) por segundo, um valor que é uma boa margem para registro de vários fenômenos presentes na Física Clássica em seus distintos ramos. O Tracker informa a taxa de captura do equipamento usado na filmagem quando um vídeo é reproduzido a figura 6 mostra a janela de informação de um dos vídeos obtidos com o celular e submetidos a uma análise neste trabalho.

Figura 17 – janela indicando a taxa de quadros do Vídeo da queda da pequena esfera no óleo.



Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do Software

Para filmar eventos rápidos ou de curta duração deve-se fazer uso de um instrumento que consiga fornecer uma maior taxa de quadros por segundo. É bom lembrar também que as informações trazidas pelos equipamentos de captura de vídeo e fornecidas aos usuários nos manuais de forma teórica, muitas vezes não condizem com o desempenho do aparelho na prática exigindo assim uma correção, que pode ser feita na mesma tela do Tracker exposta acima inserindo o valor correto. Este valor pode ser obtido dividindo-se o número de quadros informados na tela do programa pelo tempo total do vídeo. Fica claro, portanto a necessidade de termos um equipamento que dê suporte ao que se propõe analisar.

Além daqueles cuidados já descritos anteriormente que fazem parte do processo de preparação do vídeo para estudo e são inseridos no software, como o posicionamento do eixo de coordenadas e a medida de um objeto em escala real usando o bastão de calibração. Para que o programa possa fazer a tomada de dados corretamente são fatores secundários mais, que devem ser levados em conta: a luz ambiente, a firmeza e posição do equipamento de filmagem. Exemplificando: Para a filmagem de um movimento é necessário que o móvel em questão possua contornos bem definidos para melhor qualidade de captação o ambiente deve estar bem iluminado evite sombras e busque também o contraste entre a cor do móvel e o plano de fundo da tomada de vídeo. Se o móvel for de cor escura aplique como pano de fundo uma tela ou anteparo de cor branca, proceda de forma contrária se o objeto em movimento apresentar cores claras. Este contraste facilitará o acompanhamento do móvel quadro a quadro (trackeamento). Evitar a movimentação do equipamento de filmagem é muito importante, pois, a trepidação ou variação na posição do instrumento que captura o vídeo produzirá uma alteração nos indicadores que serão processados e transmitidos pelo software, dessa forma evite filmar com o recurso multimídia na mão, use um tripé ou suporte para a câmera, uma mesa de apoio ou pau de self, pois, trepidações e mudanças de posição durante a filmagem a inutilizarão para fins de videoanálise. Se disponível faça uso de controle remoto.

## 2 MATERIAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO

Dentre as condições proposta por David Ausubel para a ocorrência da aprendizagem significativa está a utilização de materiais potencialmente significativos. Para ser elevado a este nível conceitual um material precisa servir de ponte entre o que o aluno já sabe e o que deveria saber, sendo capaz de ser incorporado pela estrutura cognitiva do aprendiz. Passaremos então a partir de agora a descrever como forma de possibilidades que podem ser exploradas e ampliadas a aplicação da videoanálise através do software Tracker em conteúdos de Física Clássica.

### 2.1 MONTAGEM DO BATE ESTACA

Para o estudo dos movimentos apresentados em dois grandes eixos temáticos da Física Clássica: a Mecânica (que analisa e descreve os movimentos sem aprofundar as causas de sua origem) e a Dinâmica (que analisa e descreve os movimentos considerando as causas de sua origem, as forças) Foi utilizado o modelo de um bate-estaca. Vale salientar aqui que para a viabilidade deste experimento se faz necessário que a escola disponha dos kits de robótica educacional da Lego Mindstorm que está presente na grande maioria das escolas do Estado de Pernambuco desde o ano de 2006 a partir de uma parceria entre a Lego Education e o Governo do estado. O quadro abaixo traz informações sobre a montagem como também sugestão de conteúdos que podem ser explorados. Destaco ainda que a exposição destes conteúdos foi dada seguindo a proposta do GREF, onde os eixos temáticos são ministrados em conjunto inserindo tópicos de Mecânica e Dinâmica ao mesmo tempo na medida em que eles se relacionavam e não de forma separada como habitualmente é feito.

### Quadro com informações sobre a montagem e sugestões de conteúdos

<p style="text-align: center;">MONTAGEM</p>	<p>Bate-estaca.          Kit lego – mindstorms          referência 9797          Roteiro de construção: fascículo Lego.          Título: Energia e Potencia – Páginas          35 a 53.</p>
<p style="text-align: center;">SUGESTÃO DE CONTEÚDOS A          SEREM EXPLORADOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MECÂNICA             <ul style="list-style-type: none"> <li>Movimento Uniforme</li> <li>Movimento Uniformemente Variado.</li> <li>(desde seus conceitos básicos até as equações que descrevem estes movimentos)</li> </ul> </li> <li>• DINÂMICA             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Força</li> <li>- Força peso</li> <li>- Trabalho e trabalho da força peso</li> <li>- Tração</li> <li>- Energia</li> <li>(cinética e potencial gravitacional; mecânica)</li> </ul> </li> </ul>

O fascículo 03 do material que acompanha os kits 9797 da Lego Education cujo título é: Energia e Potência. (figura 18a) reproduz nas páginas 35 a 53 o passo a passo para a montagem do modelo do bate-estaca (figura 18b). Sugere-se dividir a turma em grupos de quatro alunos para elaboração da montagem que será submetida posteriormente a videoanálise.

Figura 18(a) Capa do fascículo 3

(a)

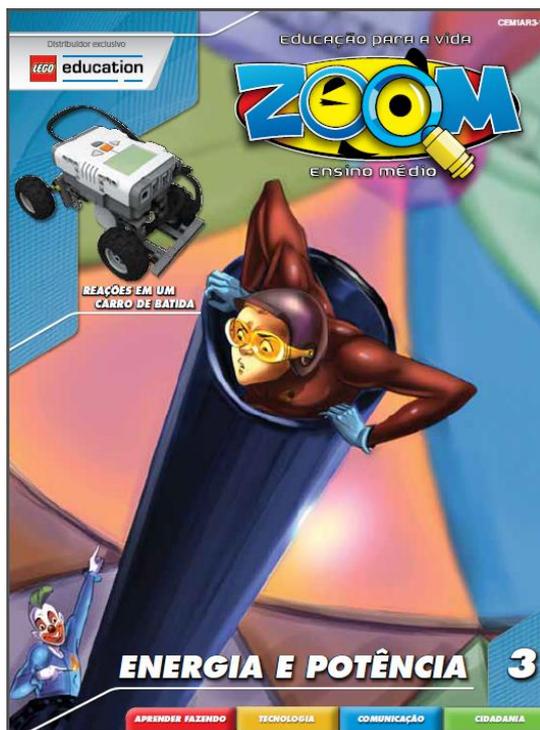
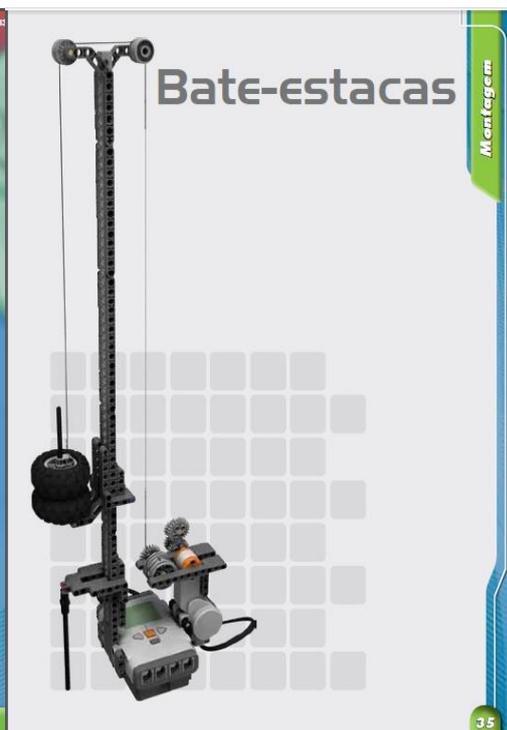


Figura 18(b) Bate estaca pronto

(b)



Fonte: Material Lego/professor

Nota: Print Screen do material digital - Distribuidor exclusivo: Lego Education

## 2.2 METODOLOGIA APLICADA/ MU E MUV

### 2.2.1 CARACTERIZANDO MU E MUV

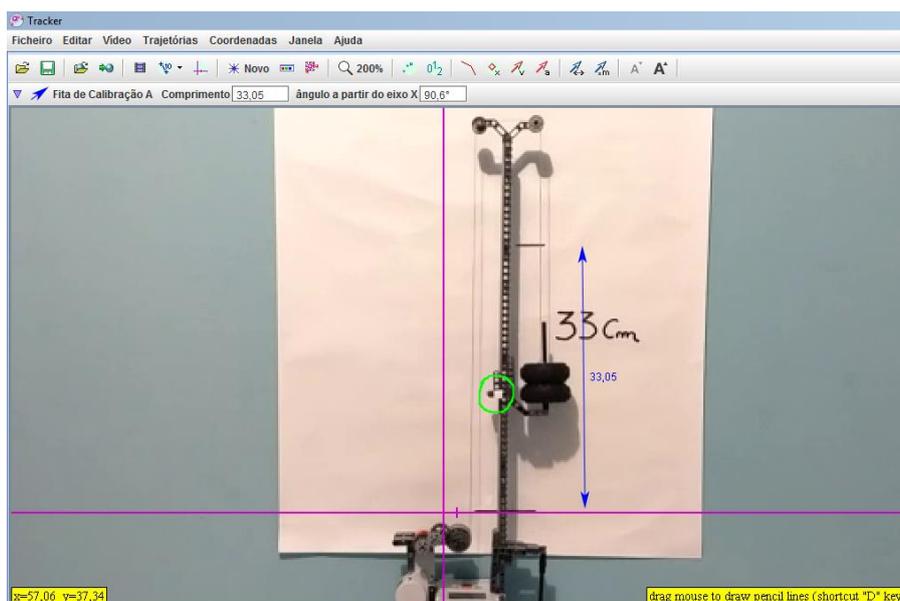
O estudo dos movimentos dos corpos é descrito por meio de funções de velocidade, aceleração e posição em relação ao tempo. O movimento em que a velocidade escalar instantânea  $v$  é constante e diferente de zero e denominado **Movimento Uniforme (MU)**. Neste caso o móvel percorrerá distâncias iguais em intervalos de tempos iguais. Já o tipo de movimento onde existe uma aceleração  $a$ , constante e diferente de zero tendo assim uma variação na velocidade do móvel é denominado **Movimento Uniformemente Variado (MUV)**.

## 2.2.2 EXPLORANDO MU E MUV ATRAVÉS DA VIDEO-ANÁLISE

A participação da turma desde a elaboração da montagem do protótipo como também a possibilidade de interagir com o vídeo, isto é, a utilização de forma ativa motiva o aluno para a aprendizagem, colocando-o como protagonista neste processo.

Usando as recomendações propostas no capítulo 1 deste manual, tópico 1.4 para obter um melhor resultado na análise do vídeo faça uma tomada de vídeo do bate-estaca em funcionamento. Observe também a necessidade de fixar um ponto como referência para servir de base para o trackeamento durante o nossa análise o modelo foi filmado lateralmente e o ponto de referência posto no eixo que se movia verticalmente. (Figura 19).

Figura 19 – Vista lateral do vídeo do Bate estaca –  
Em destaque *circulado* o ponto tomado como referência para o rastreamento



Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do Software

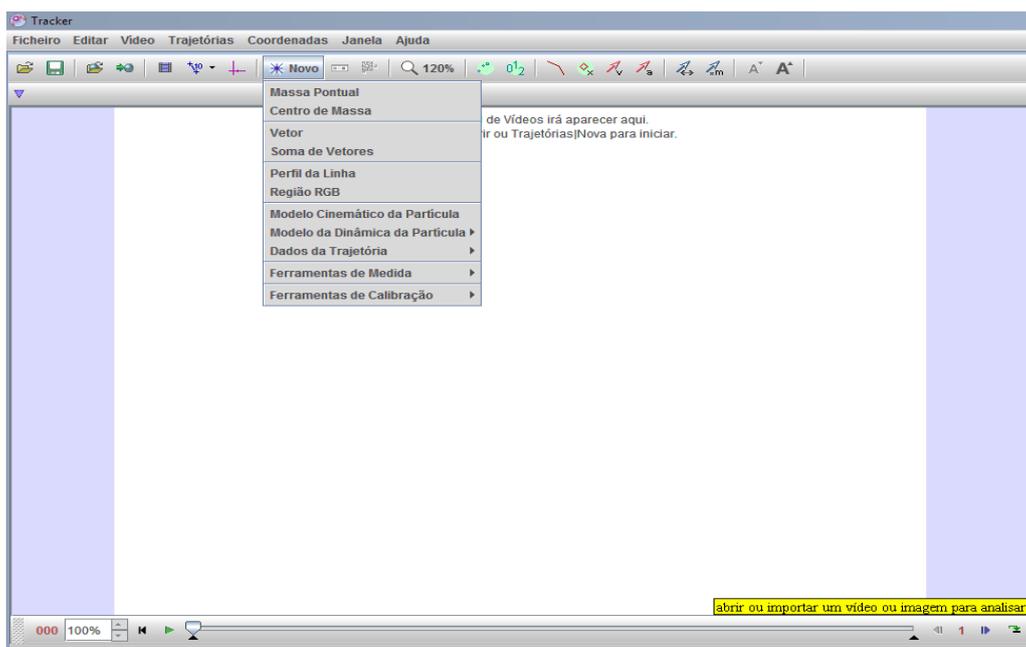
Descrevo em sequência um roteiro para realizar o rastreamento, sugestões para nortear a abordagem da videoanálise com aspectos que podem ser explorados, indicação de subsunçores cuja presença na estrutura cognitiva do aluno pode auxiliar no processo de aprendizagem significativa, propostas de objetivos a serem alcançados com o a videoanálise e também um questionário

que foi aplicado na turma que pode servir como exercício para aferir o grau de aproveitamento da metodologia empregada.

### 2.2.3 ROTEIRO PARA RASTREAMENTO

- Abra o software e na tela inicial no ícone da pasta localize e abra o vídeo
- Determine o tempo do vídeo que será usado para o rastreamento (você pode não ter interesse em trackear todo o movimento) isso pode ser feito inserindo o quadro inicial e o quadro final na tela de ajustes e cortes de vídeo (veja a figura 8).
- Na barra de tarefas superior clique no ícone “*novo*” em seguida clique na legenda “*inserir massa pontual*” (figura 20).

Figura 20- Tela inicial do Tracker para inserir uma massa pontual



Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do Software

- Pressione a tecla “*Shift*” observe que o indicador do mouse altera para o estilo de um pequeno alvo. Direcione-o para o ponto que foi inserido como base para o rastreamento (veja figura 8) e com a tecla Shift ainda pressionada prossiga com cliques sobre este ponto. A cada clique dado o software automaticamente passará para o quadro seguinte.

Continue até finalizar o movimento que será estudado. Os gráficos e a tabela também serão construídos pelo Tracker durante este procedimento.

#### 2.2.4 SUBSUNÇORES RECOMENDADOS PARA COMPREENSÃO DO MU E DO MUV

\* Conceito de movimento e espaço.

\* Reconhecimento de situações do cotidiano em que esse tipo de movimento esteja presente. Por exemplo: esteiras transportadoras nas indústrias, escadas rolantes, o movimento de elevadores num determinado instante de sua trajetória, propagação da luz num determinado meio, etc.

#### 2.2.5 OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS

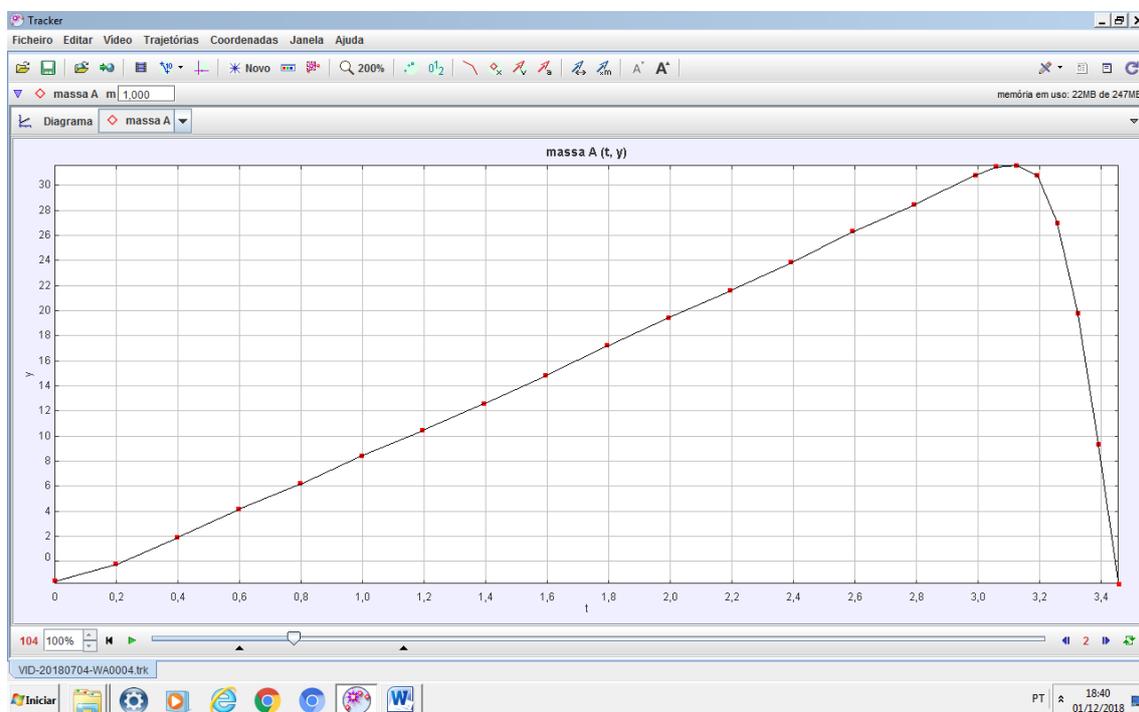
- 1) Reconhecer através de sua principal característica (*v constante*) um movimento uniforme.
- 2) Identificar através da videoanálise da filmagem do protótipo do Bate-estaca construído com Lego características do Movimento Uniforme e do Movimento Uniformemente variado.
- 3) Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas como, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica expostas pelo Tracker com o Movimento Uniforme e o Movimento Uniformemente Variado.
- 4) Identificar e determinar as diferenças entre o movimento uniforme e o movimento uniformemente variado através de uma linguagem gráfica e ou matemática, possibilitando a efetiva compreensão destes fenômenos.

#### 2.2.6 SUGESTÕES PARA ABORDAGEM DA VIDEOANÁLISE

Concluído o rastreamento estaremos de posse da tabela e do gráfico que caracteriza cada tipo de movimento, no vídeo em questão oriente os alunos a observar e comparar os gráficos e tabelas dos dois momentos distintos: **a subida** onde temos uma **velocidade constante** caracterizando um movimento

uniforme e **a descida** onde a existência de uma aceleração produz uma **variação na velocidade** o que nos remete a um movimento uniformemente variado. É importante destacar neste momento que esta aceleração embora seja aplicada sobre um corpo em queda, não se trata da aceleração da gravidade ( $g$ ), pois o conjunto cujo movimento está em estudo sobe e desce sob a influência do atrito, o que, portanto, não caracterizaria uma queda livre onde a aceleração corresponderia a  $g$  (*cujo valor adotado é de  $10\text{m/s}^2$* ). A figura 10 representa o gráfico da subida e da descida do bate-estaca esboçado pelo Tracker.

Figura 21 – Gráfico de subida e descida do bate-estaca – obtido após o rastreamento.



Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do Software

Orientando os alunos a observarem com atenção as distâncias dadas entre os pontos que marcam a trajetória pode-se questionar qual a relação entre as grandezas espaço (eixo  $y$ ) e tempo (eixo  $x$ ) que marcam as coordenadas de cada ponto na subida. O móvel está percorrendo distâncias iguais em intervalos de tempos iguais fator característico do MU deixe claro também, que a forma do gráfico não representa a trajetória do móvel em questão que acontece na vertical, faça esta observação porque é comum aos estudantes confundirem ou associarem a forma do gráfico com a trajetória

descrita pelo móvel. Questionamento semelhante pode ser admitido para a segunda parte do gráfico, no entanto com uma conclusão que para intervalos de tempos iguais as distâncias percorridas aumentam revelando uma variação na velocidade devido à existência de uma aceleração constante fator característico do MUV. Note que até o momento não fizemos uso das equações que descrevem cada tipo de movimento as intervenções que apresentamos até o momento foram baseadas a partir da observação e interpretação das distâncias dadas entre os pontos de cada parte do gráfico esboçado. Partindo para comprovação do que foi demonstrado graficamente através da tabela de dados, faça uso da tabela que também é construída em conjunto com o gráfico pelo software. Figura 22.

Figura 22 – Tabela de dados do movimento de subida e descida do bate estaca

t	x	y
0.000	6,917	-1,557
0.199	6,917	-0,208
0.399	6,805	1,928
0.598	6,805	4,176
0.798	6,805	6,200
0.997	6,917	8,448
1.197	6,692	10,47
1.396	6,805	12,61
1.596	6,917	14,86
1.795	6,805	17,22
1.994	6,917	19,46
2.194	6,917	21,60
2.393	6,805	23,85
2.593	7,030	26,32
2.792	7,030	28,46
2.992	6,917	30,82
3.058	7,030	31,49
3.125	7,367	31,61
3.191	7,704	30,82
3.258	7,704	27,00
3.324	7,254	19,80
3.391	6,692	9,347
3.457	6,917	-1,782

Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do Software

Aqui tomando duas medidas quaisquer de posição e duas de tempo determinando a variação da posição ( $\Delta S$ ) coluna Y e do tempo ( $\Delta t$ ) coluna t extraída a razão entre essas duas grandezas teremos a velocidade média do móvel. Tome cuidado ao tomar os valores de acordo com os momentos

distintos que ocorreram apenas durante a subida. Destaque o fato de encontrarmos um ***v constante***.

**Exemplificando:**

$$\text{I - } V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{1,928 - (-0,208)}{0,399 - 0,199} = \frac{2,136}{0,2} = \mathbf{10,68 \text{ cm/s}}$$

$$\text{II - } V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{10,47 - 4,176}{1,197 - 0,598} = \frac{6,294}{0,599} = \mathbf{10,50 \text{ cm/s}}$$

Raciocínio análogo pode ser aplicado para os pontos que marcam a descida. Tomando dois valores dentre os indicados na tabela na coluna Y (posição) e na coluna t (tempo) podemos verificar que a velocidade não se mantém constante o que indica a influência de uma aceleração. **Exemplificando:**

$$\text{I - } V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{9,347 - 31,61}{3,391 - 3,125} = \frac{-22,263}{0,266} = \mathbf{83,69 \text{ cm/s}}$$

$$\text{II - } V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{19,80 - 27,00}{3,354 - 3,258} = \frac{-7,2}{0,066} = \mathbf{109,09 \text{ cm/s}}$$

## 2.2.7 INTRODUZINDO AS FUNÇÕES

O movimento com velocidade constante (uniforme) e o movimento com aceleração constante (uniformemente variado) são descritos por funções que demonstram o comportamento de grandezas específicas relacionadas a ambos especificamente. No movimento uniforme como a velocidade não varia as atenções estão voltadas para o **estudo das posições ocupadas pelo móvel sobre uma trajetória no decorrer do tempo**. Tomando  $t_f$  um instante de tempo qualquer e considerando para  $t_o$  o instante de tempo inicial, sendo  $S_o$  a posição inicial nesse instante dado obtemos a função horária da posição para o Movimento uniforme assim descrita:

$$S_f = S_o + V \cdot \Delta t$$

Fazendo uso da tabela de dados ou dos pontos dados no gráfico podemos apresentar agora aos alunos a função destacando que seu objetivo é a localização do móvel sobre a trajetória descrevo abaixo a aplicação da mesma aos exemplos I e II assinalados acima. Esta aplicação pode ser feita através de uma questão modelo ou da substituição dos dados na função horária da posição.

### Questão modelo

Um móvel descreve um movimento uniforme mantendo a velocidade constante  $v = 10,6 \text{ cm/s}$ . No instante  $t_o = 0,199 \text{ s}$  sua posição inicial é  $S_o = -0,208 \text{ cm}$ . Determine a posição do móvel sobre a trajetória para o instante  $t_f = 0,399 \text{ s}$ .

### Comentário:

Dados:  $S_o = -0,208 \text{ cm}$ ,  $t_o = 0,199 \text{ s}$  e  $v = 10,6 \text{ cm/s}$  (*constante*) nosso objetivo é comprovar que para  $t_f = 0,399 \text{ s}$  a posição do móvel será  $S_f = 1,928 \text{ cm}$  conforme já exposto na tabela obtida no tracker após a videoanálise. Assim temos:

$$S_f = S_o + V \cdot \Delta t$$

$$S_f = -0,208 + 10,6 \cdot (0,399 - 0,199)$$

$$S_f = 1,912 \text{ cm}$$

### Questão modelo II

Um móvel encontra-se na posição  $S_o = 4,176 \text{ cm}$  no instante  $t_o = 0,598 \text{ s}$  defina a posição do móvel no instante  $t_f = 1,197 \text{ s}$  considerando que o mesmo manteve durante este intervalo de tempo a velocidade constante  $v = 10,5 \text{ cm/s}$

**Comentário:** Dados:  $S_o = 4,176 \text{ cm}$ ,  $t_o = 0,598 \text{ s}$  e  $v = 10,5 \text{ cm/s}$  (*constante*). Aqui mais uma vez nosso objetivo é comprovar que para  $t_f = 1,197 \text{ s}$  a posição do móvel será  $S_f = 10,47 \text{ cm}$  conforme os dados da tabela.

$$S_f = S_o + V \cdot \Delta t$$

$$S_f = 4,176 + 10,5 \cdot (1,197 - 0,598)$$

$$S_f = 10,465 \text{ cm}$$

### 2.2.8 VIDEOANÁLISE DO MU COM EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO

Considerando as potencialidades do software Tracker descrevemos como possibilidade para o estudo do Movimento Uniforme (MU) e do Movimento Uniformemente Variado (MUV) (cujas características já foram descritas anteriormente nos tópicos deste capítulo), a videoanálise de um experimento de baixo custo onde podemos aplicar o rastreamento e dispor do gráfico e da tabela de dados desenvolver as mesmas intervenções mencionadas na análise feita com a montagem do bate-estaca.

Para a execução do experimento foram utilizados os seguintes materiais:

- Copo de vidro de 14 cm (é importante ter esta medida prévia para orientar o sistema de coordenadas que o software irá utilizar).
- Uma esfera de metal (pode ser usado outro material como bolinhas de gude etc).
- Óleo de soja.

Elaboração:

Encher o copo de vidro com óleo.

Fazer a medida prévia da altura da coluna de óleo.

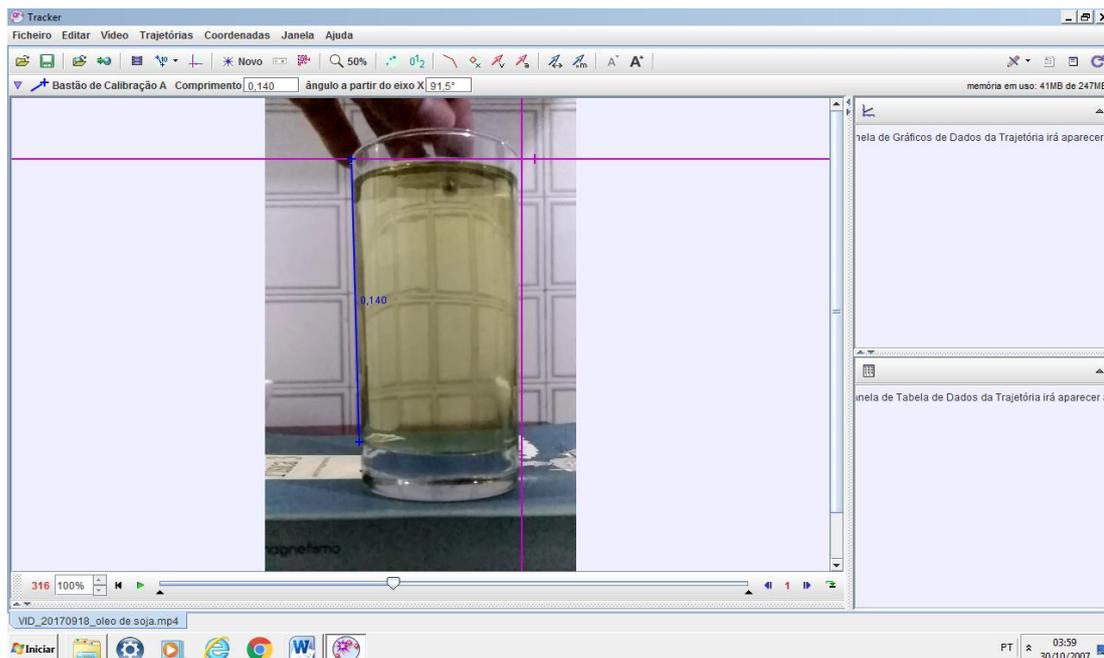
Tomar os preparativos para a filmagem vide capítulo 1 tópico 1.4 deste manual.

Soltar a esfera no óleo e filmar.

Proceder ao rastreamento vide tópico 2.2.3 deste capítulo.

A figura 23 indica o experimento pronto já estando incluso o eixo de coordenadas, a figura 24 mostra o gráfico esboçado pelo software e a tabela de dados após o rastreamento.

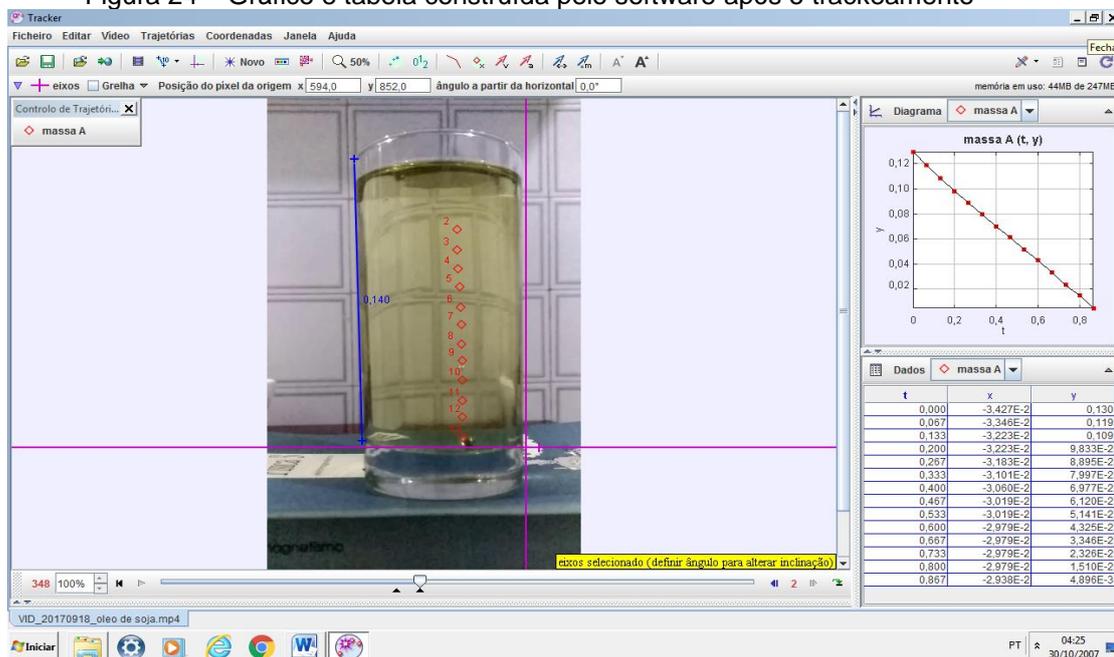
Figura 23 – Queda de uma esfera no óleo de soja



Fonte: O autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do Software

Figura 24 – Gráfico e tabela construída pelo software após o trackeamento



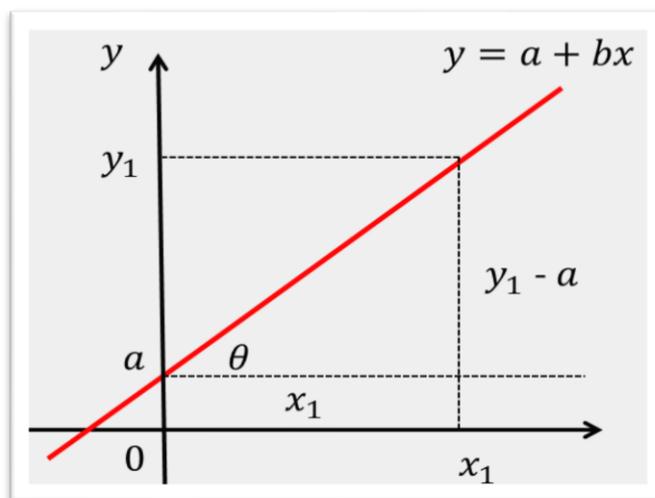
Fonte: O Autor (2019)

Nota: Print Screen da tela do Software

Fazendo a análise do gráfico percebemos as características que determinam um movimento uniforme. A força de atrito (viscosidade) entre o fluido (óleo) e as paredes externas da esfera se iguala rapidamente e a velocidade se

mantém constante durante a trajetória. Interpretando o gráfico percebemos a igualdade de distância entre os pontos dados significando que a esfera percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais. Como a função da posição para um movimento uniforme é uma função do 1º grau da forma  $y = ax + b$ , o número real  $b$  é chamado coeficiente angular da reta e está associado ao ângulo definido entre a reta e o eixo  $x$  do plano cartesiano pela relação da tangente.

Figura 25 – Gráfico da função do 1º grau para um movimento uniforme



Fonte: O Autor (2019)

Sejam então  $x_1$  e  $y_1$  valores correspondentes a tempo e posição respectivamente. Aplicando em  $y = a + bx$  e extraíndo o valor de  $b$  teremos:

$$y_1 = a + bx_1 \Rightarrow b = \frac{y_1 - a}{x_1} \quad (\text{I})$$

Esta razão  $\frac{y_1 - a}{x_1}$  expressa o valor da tangente trigonométrica do ângulo  $\theta$ .

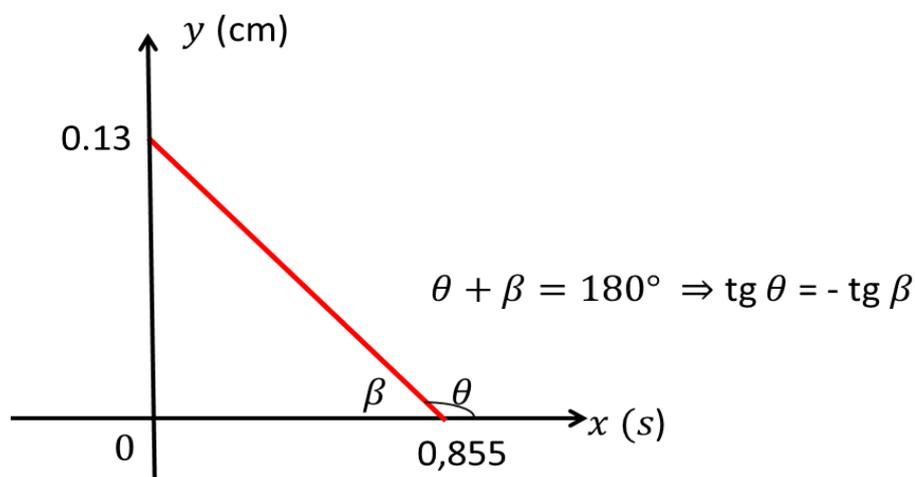
$$\frac{y_1 - a}{x_1} = \text{tg } \theta \quad (\text{II})$$

Da comparação de I e II resulta que  $\text{tg } \theta = b$ .

Como o coeficiente angular da reta é a própria velocidade escalar do movimento fazendo um estudo da função percebemos que se ela for crescente o coeficiente angular é positivo e a tangente é positiva resultando num valor positivo para a velocidade escalar do movimento, no entanto, se função for decrescente a tangente é negativa e o valor da velocidade escalar será

negativo. Para o nosso caso temos o gráfico montado a partir dos valores da figura 26.

Figura 26 – gráfico do coeficiente angular da reta para determinar o valor da velocidade no movimento uniforme.



Fonte: O Autor (2019)

$$\text{Se } \text{tg } \theta = -\text{tg } \beta = -\frac{0,13}{0,855} = -0,15 \text{ cm/s}$$

Aqui também podemos fazer uso da função horária da posição para acompanhar as posições do móvel sobre a trajetória.

Para o exemplo I temos:

$$\begin{aligned} S_f &= S_0 + V \cdot \Delta t \\ S_f &= 0,09 + (-0,15) \cdot (t_f - t_0) \\ S_f &= 0,04 \text{ cm} \end{aligned}$$

Confirmando que para  $t_f = 0,60\text{s}$  a posição da esfera é  $0,04 \text{ cm}$ . Valor assinalado pelo gráfico da videoanálise.

Procedendo de forma análoga para o exemplo II:

$$\begin{aligned} S_f &= S_0 + V \cdot \Delta t \\ S_f &= 0,11 + (-0,15) \cdot (t_f - t_0) \\ S_f &= 0,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

Confirmando que para  $t_f = 0,33 \text{ s}$  a posição da esfera é  $0,08 \text{ cm}$ . Valor também assinalado pelo gráfico.

### **3 SUBSUNÇORES RECOMENDADOS PARA O ESTUDO DE CONTEUDOS EM DINÂMICA**

Quando tratamos de analisar as circunstâncias que estão envolvidas na realização do movimento descrito por um objeto seja ele um sistema simples ou composto estamos trabalhando com a Dinâmica. Dessa forma para uma aprendizagem significativa sugerimos como conhecimentos prévios:

- Reconhecer relações de causa e efeito entre força e movimento.
- Reconhecer em situações do cotidiano os efeitos da ação de forças sobre os corpos como: deformação, aceleração, redução de velocidade (isto porque tanto para iniciar, aumentar ou diminuir a velocidade de um movimento até que o corpo pare é necessária à atuação de uma força).
- Noções de equilíbrio.
- Classificação das forças em dois principais grupos: forças de campo e de contato.

#### **3.1 EXPLORANDO OS CONCEITOS**

Em seguida passamos a expor sugestões de abordagem para os conceitos de força, força de tração, força peso, trabalho e as transformações de energia potencial gravitacional, cinética e mecânica, para tal retornaremos ao modelo do Bate- estaca cujas especificações de montagem já foram vistas quando estudamos o Movimento uniforme. Procuramos uma forma mais “confortável” de apresentar tais conceitos através da observação e do questionamento. Conscientes da importância que há na resolução de problemas e o tratamento matemático, que se apresenta como ponto culminante da compreensão de cada conceito; deixo para que cada professor possa fazer essa intervenção paralelamente à medida que a compreensão dos temas iniciais for sendo alcançada assim como ficará a critério de cada escola a adequação dentro das possibilidades e carga horária de cada unidade de ensino. É importante administrar bem a quantidade de horas aula necessária à aplicabilidade da proposta que aqui desenvolvo.

FORÇA – O conceito de força se demonstra mais familiar e compreensível para os alunos do que as ideias de aceleração ou velocidade. Trabalhando este conceito faça uso do vídeo e conduza os alunos à observação do comportamento do conjunto (sistema) que sobe e desce atingindo a base que serve como estaca. Assim pode-se ver que para alterar o estado inicial do sistema é necessária à atuação de uma força, uma **grandeza Física** representada por um **vetor**, (O caráter **vetorial** pode ser discutido também neste momento com a turma). Como já visto e comprovado nos exemplos e deduções anteriores o movimento na subida se dá com velocidade constante, nesse ponto é importante destacar que para que o sistema mantenha essa característica é necessário que as forças que atuam sobre o mesmo se equilibrem de tal forma que a soma de todas elas se anulem, isto é, **a força resultante deve ser zero**. Destaque a presença da **força de arrasto** entre o sistema e a coluna que serve de apoio para o movimento. Essa **força de arrasto** também existe durante o movimento de descida, no entanto percebemos que nesse caso ela não estabiliza a velocidade durante a queda mais reduz a aceleração a um valor menor que a aceleração da gravidade evitando que o sistema desça em queda livre.

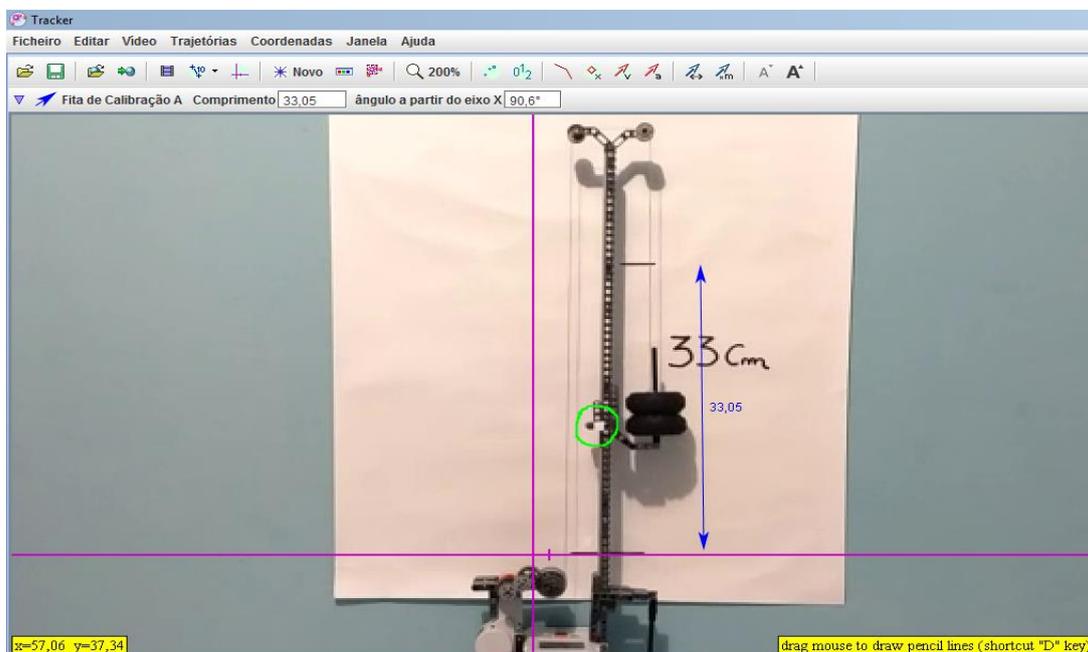
FORÇA DE TRAÇÃO – O fato do sistema está sendo erguido por um fio, (indicado durante a montagem) caracteriza um tipo específico de força. Introduza neste momento o conceito da **força de tração**. Note que durante a subida para obtermos um valor de velocidade constante a **força de tração** cuja **direção é vertical, sentido para cima** deve ser igual ao valor da **força de atrito** somada ao **peso** do sistema cujas **direções e sentidos são verticais e para baixo**.

PESO – Apresente aos alunos a definição de peso (Produto entre a massa de um corpo ou sistema pela gravidade local;  $P = m \cdot g$ ) se tiver disponível use uma pequena balança para pesar o conjunto adquirindo a **massa** que multiplicada pelo valor aproximado da **gravidade terrestre** ( $g = 10\text{m/s}^2$ ) indicará o peso do objeto expresso em Newtons. Aqui possibilidades se ampliam para os questionamentos acerca da diferença entre massa (grandeza

escalar) e peso (grandeza vetorial) como também sobre as variações do peso de um objeto tomando lugares com um valor de ***g*** diferente da Terra.

**TRABALHO E ENERGIA** – Essas duas grandezas estão bem relacionadas, uma vez que se um sistema tem energia ele pode realizar trabalho. Após apresentar os conceitos de cada um aconselho começar a explanação pela grandeza Trabalho. Fazendo uso da videoanálise e já tendo identificado as forças peso, tração e atrito pode-se classificar o trabalho que cada uma executa lembrando que ele pode ser **motor** ou **resistente**. É possível observar que a força de **atrito realiza trabalho resistente** tanto na **subida** quanto na **descida** do sistema enquanto a **força peso** se diferencia, realizando trabalho **resistente na subida** e trabalho **motor na descida**. Usando o valor definido como eixo de coordenadas (33 cm no meu experimento ver figura 27) e tendo conseguido aferir a massa do conjunto (54g no meu experimento), desprezando o atrito e supondo então o valor aproximado de  $g = 10\text{m/s}^2$  podemos solicitar o cálculo da medida do trabalho da força peso associado a sua classificação. Atenção para a conversão das unidades de medida.

Figura 27 – Eixo de coordenadas indicando a altura de alcance do bate estaca



Fonte: O Autor (2019).

Nota: Print Screen da tela do Software

Exemplo:

$$\tau = m \cdot g \cdot h = 0,054 \cdot 10 \cdot 0,33 = 0,1782 \text{ J}$$

Para explorar o conceito e as transformações de energia com suas expressões comece solicitando que seja enumerado os tipos de energia envolvidas no sistema não se esqueça de colocar na base a energia elétrica vinda da bateria utilizada pelo modelo. Teremos aqui a oportunidade de trabalhar a transformação de energia elétrica já armazenada na bateria em energia potencial gravitacional, pois, o sistema bate-estaca-Terra armazena essa energia na medida em que ganha altura. No instante em que o conjunto cai adquire energia cinética e a energia potencia gravitacional diminui, a diminuição de energia potencial gravitacional é compensada pelo aumento na energia cinética.

### 3.2 SUGESTÃO DE ATIVIDADE PROPOSTA

Como forma de sugestão para avaliação da aprendizagem disponibilizo abaixo um questionário que foi aplicado na turma de do 1º ano do ensino médio da Escola de Referência Virgem do Socorro onde apliquei e desenvolvi esta metodologia. As questões abordam tanto a videoanálise do movimento do Bate estaca como também da queda da esfera no óleo. Os comentários com maior rigor de detalhes e resultados obtidos expostos também através de gráficos podem ser consultados na dissertação.

**APENDICE B- MODELO DO QUESTIONÁRIO APLICADO À TURMA**

Escola de Referência em Ensino Médio Virgem do Socorro

Nome \_\_\_\_\_ série \_\_\_\_\_

Turma \_\_\_\_\_

Professor: *Vanailson R. Maciel* -

**ATIVIDADE**

Após a montagem, programação e a videoanálise do experimento através do tracker responda as questões abaixo:

1 – Durante a queda, a velocidade do conjunto que atinge a estaca?

- a) Diminui
- b) Aumenta
- c) Permanece constante

2 – A que fator você atribuiu a resposta dada na questão anterior?

- a) A influência do peso.
- b) A influência da altura.
- c) A influência da gravidade.

3 – Durante a subida a força de tração no fio (despreze o atrito):

- a) É maior que o peso do conjunto que atinge a estaca.
- b) É menor que o peso do conjunto que atinge a estaca.
- c) É igual ao peso do conjunto que atinge a estaca.

4 – Durante a descida a força de tração no fio:

- a) É nula
- b) É igual ao peso do conjunto que atinge a estaca.
- c) É maior que o peso do conjunto que atinge a estaca.

5 – O gráfico da velocidade em função do tempo para o movimento durante a subida tem a forma de:

- a) Uma parábola
- b) Uma reta
- c) Uma senoidal

6 – O gráfico da velocidade em função do tempo para o movimento durante a descida tem a forma de:

- a) Uma parábola
- b) Uma reta
- c) Uma senoidal

7 – Assinale a alternativa correta em relação ao trabalho ( $\tau$ ) do peso do conjunto que atinge o bate estaca.

- a) O peso não realiza trabalho na subida.
- b) O peso não realiza trabalho na descida.
- c) O peso realiza trabalho na subida e na descida de mesmo módulo mais sinais contrários.

8 – Assinale a alternativa correta em relação á força de atrito entre o conjunto que atinge o bate estaca e a coluna que orienta a trajetória.

- a) O atrito não realiza trabalho na subida.
- b) O atrito não realiza trabalho na descida.
- c) O atrito realiza trabalho na subida e na descida de mesmo módulo mais de sinais contrários.

9 – (Questão retirada do GREF) – Identifique as transformações de energia que ocorrem desde o momento em que a água é represada até a utilização dos aparelhos eletrodomésticos.

10 – (Questão retirada do GREF) Um bloco de ferro de massa 450 kg cai de uma altura de 5 m, tomando como referência a estaca, atinge em cheio uma estaca e a faz penetrar 3 cm no solo.

- a) Que energia potencial tinha o sistema bloco-Terra antes de o bloco cair?  
Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$
- b) Que energia cinética tinha o bloco ao atingir a estaca?
- c) Qual a força exercida na estaca?

## REFERÊNCIAS

ALVES, Filho J.P. **Atividades Experimentais: Do Método à prática Construtivista**. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2000.

HEWITT, Paul G. – **Física Conceitual**. 9ª Edição Editora Bookman, Porto Alegre – 2002.

JESUS, Vitor Luiz Bastos – **Experimentos e videoanálise-dinâmica** – 1ª Edição – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014

JUNIOR, Arandi Ginane Bezerra. Et al. – **Videoanálise no Ensino de Física um exemplo de aplicação e modelagem científica** - 2013

MARANHÃO, Felipe Renier – **Lego Zoom: Ferramenta para obtenção de dados experimentais para o ensino Fundamental** – (Dissertação) – Brasília 2015

MENEZES, Luiz Carlos de. Et al. **Física 1 – Mecânica**. 7ª Edição – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001

NUSSENZVEIG, Herch Moysés – **Curso de Física Básica, 1 – Mecânica**

OSTERMANN, Fernanda e Cavalcanti, HOLANDA, Jose Claudio de - **Teorias de aprendizagem**/ ufrgs 2010 –

PIETROCOLA, Maurício. et al. – **Zoom – Ensino médio, Fascículo 3 – Energia e Potência** – Zoom Editora Educacional – 1ª Edição, 2012

TOLEDO, Paulo Antônio de - **Os fundamentos da Física** 8ª Edição revista ampliada.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. **O papel da experimentação no ensino da física**. Caderno Brasileiro de Física, v.20, 2003

SOUZA, Fernando Antônio Araújo de. - **Vídeo-aulas com abordagem experimental: uma proposta didática para o ensino de física nos cursos integrados de nível médio e superior do IFPE Caruaru**. - 2017.

[www.opensourcephysics.org/](http://www.opensourcephysics.org/) - Último acesso em 25/07/2019.

<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/webstart/tracker.jnlp> - Último acesso em 15/10/2018.

[http://www.java.com/pt\\_BR/download/](http://www.java.com/pt_BR/download/) - Último acesso em 15/10/2018.

<http://www.apple.com/quicktime/download/> - Último acesso em 15/10/2018.