

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

EDENILSON ORKIEL

O USO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO
DE MOVIMENTOS EM DUAS DIMENSÕES. LANÇAMENTO DE FOGUETES.

PONTA GROSSA
2016

EDENILSON ORKIEL

O USO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO
DE MOVIMENTOS EM DUAS DIMENSÕES. LANÇAMENTO DE FOGUETES.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Pólo 35, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva.

PONTA GROSSA
2016

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

- Orkiel, Edenilson
- 063 O Uso de tecnologias de informação e comunicação no ensino de movimentos em duas dimensões. lançamento de foguetes/ Edenilson Orkiel. Ponta Grossa, 2016. 197f.
- Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- Orientador: Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva.
1. Ensino de Física. 2. Tecnologias de Informação e Comunicação. 3. Programa Tracker. I. Silva, Silvio Luiz Rutz da. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado Profissional em Ensino de Física. III. T.

CDD: 530

Dedico esta dissertação a todos os profissionais da educação que
buscam a melhoria do Ensino de Ciências no Brasil.

TERMO DE APROVAÇÃO

O USO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE MOVIMENTOS EM DUAS DIMENSÕES: LANÇAMENTO DE FOGUETES

MESTRANDO EDENILSON ORKIEL

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Polo 35 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pela seguinte banca examinadora:



Professor Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva (orientador)
Departamento de Física – UEPG/PR



Professora Dra. Cleci Werner da Rosa
Universidade de Passo Fundo (UPF)



Professor Dr. André Vitor Chaves de Andrade
Departamento de Física – UEPG/PR

Ponta Grossa, 25 de agosto de 2016

Agradecimentos

Os agradecimentos se dirigem primeiramente à minha família, pelo apoio e compreensão. Ao meu orientador, Professor Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva, pelo apoio, contribuições e tempo disponibilizado. À CAPES pelo apoio financeiro e concessão de bolsa.

RESUMO

O USO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE MOVIMENTOS EM DUAS DIMENSÕES: LANÇAMENTO DE FOGUETES.

Edenilson Orkiel

Orientador:

Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

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

Neste trabalho a pretensão foi ensinar o conteúdo estruturante movimentos em duas dimensões, abordando os conceitos relacionados aos movimentos uniforme, acelerado e oblíquo com a construção e uso de experimentos simples para isso. Neste sentido, foi construído com os alunos foguetes movidos a água e ar comprimido, bem como outros tipos de experimentos demonstrando o movimento de objetos fazendo-se o registro em vídeo para análise posterior com o auxílio do programa computacional *Tracker*. O programa *Tracker* é utilizado como um facilitador no entendimento dos conceitos relacionados aos movimentos uniforme e acelerado, bem como da composição de movimentos em duas dimensões, ou movimento oblíquo. Dentro destas atividades, o propósito foi possibilitar aos alunos aulas que permitam o entendimento de como se constroem os modelos físicos do movimento e as equações que os descrevem, objetivando-se dar sentido aos conceitos físicos ensinados. Como exemplo, citamos, através do programa *Tracker*, possibilitar aos alunos atividades de construção de gráficos dos movimentos, bem como sua análise e interpretação correlacionando com o que foi visualizado na prática. Após a análise dos resultados obtidos, pôde ser observado que as aulas diferenciadas, com a utilização das TIC, do programa *Tracker* e de experimentos construídos pelos próprios alunos, contribuíram para a motivação e interesse pelo assunto ensinado ao mesmo tempo que o caminho para a aprendizagem ficou facilitado, atingindo o êxito da proposta.

Palavras-chave: Ensino de Física, Tecnologias de Informação e Comunicação, Programa *Tracker*.

Ponta Grossa
07/2016

ABSTRACT

TITLE OF DISSERTATION

Edenilson Orkiel

Supervisor:

Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação Em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

In this work the intention was to teach the content structuring movements in two dimensions, addressing the concepts related to the uniform motion, accelerated and oblique with the construction and use of simple experiments for it. In this sense, it was built with the student's rocket powered by water and compressed air, as well as other types of experiments demonstrating the movement of objects making up the record video for later analysis with the help of Tracker computer program. Tracker program is used as a facilitator in the understanding of the concepts related to uniform, accelerated movement as well as movements in two dimensions' composition or oblique movement. Within these activities, the purpose was to enable students to classes that allow understanding of how to build physical models of motion and the equations that describe them, aiming to make sense of the physical concepts taught. One example is through the Tracker program, enabling students graphing activities of the movements, as well as analysis and interpretation correlating with what has been seen in practice. After analyzing the results, it could be observed that the different classes with the use of ICT, the Tracker program and experiments built by the students themselves, contributed to the motivation and interest in the subject taught at the same time that the road to learning it was easier to reach the success of the proposal.

Keywords: Physics Teaching, Information and Communication Technologies, *Tracker* program.

Ponta Grossa
07/2016

Sumário

Capítulo 1	Inovação no Ensino	9
1.1	Introdução	9
1.2	Tecnologia e Ensino	12
1.3	Teoria da aprendizagem de David P. Ausubel	16
1.4	Teoria da aprendizagem de Lev Semenovich Vygotsky	18
1.5	Recursos tecnológicos e ensino de Física	21
Capítulo 2	Sobre o programa <i>Tracker</i> e os blogs para o Ensino de Física	26
2.1	Videoanálise e o programa Tracker	26
2.2	Blog	30
2.3	O Produto educacional	37
Capítulo 3	Implementação das atividades	39
3.1	Caracterização da proposta	39
3.2	Implementação da proposta	40
3.2.1	Relato das atividades desenvolvidas	40
Capítulo 4	Resultados e discussões	46
4.1	Resultados	46
4.1.1	Pré-teste e Pós-teste.....	46
4.1.2	Filmagem	51
4.1.3	Movimento Oblíquo	58
4.1.4	Foguetes	64
4.2	Análise didática e validação da proposta	75
Capítulo 5	Considerações finais	79
	Referências Bibliográficas.....	81
	Apêndice A Questionário pré-teste e pós-teste	85
	Apêndice B Guia rápido para a análise de vídeos com o programa Tracker ...	86
	Apêndice C Plano de aula – O Movimento	87
	Apêndice D Plano de aula – Construção do foguete	96
	Apêndice E Material didático – Movimento.....	103
	Apêndice F Material didático – Construção do foguete	115
	Apêndice G Guia rápido para a análise do movimento do foguete	139
	Apêndice H Questionário opinativo	141
	Apêndice I Produto Educacional. Caderno técnico – O uso do Software <i>Tracker</i> no ensino de Física dos movimentos	142

Capítulo 1 – Inovação no Ensino

1.1 Introdução

Nos tempos atuais, são numerosas e contínuas as descobertas e novidades no campo da Ciência e da Tecnologia. Portanto, para participar de forma mais efetiva da sociedade, é preciso compreender e saber utilizar estas novas possibilidades que surgem a todo instante. Mas, para isso, apenas saber manusear as novas tecnologias não é suficiente. Assim, um conhecimento mais aprofundado da inserção das novas tecnologias na sociedade se faz necessário para que seja possível a todos os cidadãos uma participação consciente na sociedade atual. De acordo com Brito e Purificação (2008, p. 23),

“... estamos em um mundo em que as tecnologias interferem no cotidiano, sendo relevante, assim, que a educação também envolva a democratização do acesso ao conhecimento, à produção e à interpretação das tecnologias.”

É preciso ter em mente que os alunos do século XXI, conhecidos como geração Y, são alunos “nativos digitais”, e passam a maior parte do tempo em um mundo virtual, absorvem melhor informações e tomam decisões mais rapidamente, são multitarefa e conseguem processar informações em paralelo. É uma geração que pensa graficamente ao invés de textualmente, assume a conectividade e está acostumada a ver o mundo através das telas de computadores, celulares, entre outros dispositivos. Nesse aspecto, o professor de Física necessita trabalhar o processo ensino-aprendizagem de tal forma que faça o aluno aproximar seu mundo virtual do cotidiano dele, mundo real, pois, assim, irá incentivá-los de modo que fiquem motivados a aprenderem.

Silva (2009) afirma que é necessário buscar formas de manter uma comunicação fácil e eficiente com os alunos, nativos digitais, e que isso pode ser alcançado por meio da internet e das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), isto é, pode-se alimentar o aprendizado com imagens, vídeos, discussões, simuladores virtuais de

experimentos e demais informações por meio das redes sociais e de pesquisa virtual orientada.

Na maioria das escolas ainda se ensina Física de uma maneira propedêutica, onde é apresentado ao aluno a teoria e seu formalismo matemático, seguidos da resolução de uma sequência de exercícios repetitivos em que apenas é aplicada uma expressão matemática decorada pelos alunos, porém não compreendida. Essa maneira de ensino, com uma pedagogia voltada para o professor, onde o aluno é espectador e o professor é o detentor do conhecimento, fortalece uma visão errada de como o conhecimento científico é produzido. Fica para o aluno a impressão de que a natureza pode ser explicada através de algumas equações simples que descrevem exatamente os fenômenos, sem a adoção de um modelo com aproximações, idealizações e limitações. A utilização de experimentos e simuladores no ensino de Física pode ser um caminho para aproximar o trabalho científico do trabalho da sala de aula.

Apesar dessas considerações, o que percebemos na maioria das escolas que utilizam práticas experimentais, é a ocorrência de situações nas quais os alunos não conseguem compreender o fenômeno estudado, já que essas práticas são acompanhadas por um roteiro com regras rígidas, o que limita a criatividade.

Ainda que a dificuldade de se construir e manter um laboratório de Física é de consenso geral, a importância de aulas práticas como uma ferramenta fundamental ao ensino da Física também se mostra unânime entre os educadores.

Dentro desse conjunto de desafios, temos algumas possibilidades a nosso alcance que podem minimizar, ou até mesmo solucionar o problema citado acima. Como exemplos temos os programas que simulam laboratórios virtuais e os programas de análise de vídeos, que são facilmente encontrados na internet e que estão disponíveis gratuitamente para download. É sempre importante lembrar ao aluno que programas e simulações são tentativas de recriar uma situação real no computador e, devido à impossibilidade de se considerar todas as variáveis envolvidas, são feitas aproximações e idealizações a fim de tornar o modelo viável.

Nesta proposta, será adotado como guia para a estrutura das aulas as teorias de aprendizagem cognitivistas. A proposta, aqui descrita, baseou-se na teoria sócio interacionista de Vygotsky e na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (MOREIRA, 1983). Neste trabalho pretendeu-se que os educandos estudassem o conteúdo estruturante movimentos em duas dimensões, abordando-se os conceitos relacionados ao movimento uniforme, acelerado e oblíquo com a construção e uso de

experimentos simples para isso. Neste sentido construiu-se com os alunos foguetes movidos a água e ar comprimido, bem como outros tipos de experimentos com objetos em movimento, fazendo-se o registro em vídeo para posterior análise com o emprego do software *Tracker*¹. Neste programa, a trajetória do objeto em movimento registrada em vídeo é transformada em um conjunto de dados, contendo suas coordenadas cartesianas e o tempo, que são apresentadas na forma de tabelas e gráficos. Também se tem a opção de ajustar as funções matemáticas aos dados experimentais, obtendo-se informações sobre as grandezas físicas de interesse. O programa funciona como um facilitador no entendimento de conceitos tais como aceleração, velocidade, os movimentos uniforme e acelerado e sobre a composição de movimentos em duas dimensões, ou movimento oblíquo. Dentro dessas atividades, procurou-se possibilitar aos alunos atividades que permitissem o entendimento de como se constroem os modelos físicos do movimento e as equações que os descrevem. Como exemplo, podemos citar que as atividades executadas possibilitaram aos alunos oportunidade de construção de gráficos de movimentos, associando a sua análise e interpretação com o que foi visualizado na atividade experimental.

O capítulo 1 traz os fundamentos teóricos utilizados no desenvolvimento das atividades, juntamente com uma breve explanação das teorias de aprendizagem norteadoras do presente trabalho, as quais foram o sociocognitivismo de Vygotski e da aprendizagem significativa de Ausubel. No fim do capítulo é feita a revisão bibliográfica sobre o uso das TIC no ensino de Física. Também são descritas algumas ações concretas de utilização de programas de análise de vídeos no ensino de Física, destacando os resultados alcançados por estes autores.

No capítulo 2 apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre aplicativos gratuitos que podem ser utilizados no ensino de Física, dando ênfase ao programa *Tracker* como ferramenta para estudo do conteúdo Movimentos. Este capítulo, também apresenta um estudo sobre os *blogs*, explicitando as características e funcionalidades de cada plataforma de desenvolvimento, explicando os motivos de ser adotada a plataforma Edublogs para construção do *blog* associado ao projeto aplicado. Ao final do capítulo encontra-se uma descrição do produto educacional desenvolvido.

¹ Tracker, trata-se de um pacote de análise de vídeos implementado em JAVA, com a característica de ser código aberto (OPS – open source physics). Disponível em: <https://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>. Acessado em: 10 de setembro de 2014.

Na sequência, no capítulo 3, ocorre a descrição das metodologias utilizadas, e de como se deu a implementação da proposta em sala de aula. Por fim, são apresentados os resultados obtidos, seguidos dos fatos que corroboraram as ideias iniciais da proposta e dos ajustes que foram realizados em relação à proposta inicial do trabalho.

No capítulo 4 apresenta-se a análise dos resultados levando-se em consideração os procedimentos didáticos aplicados, terminando-se com a reflexão sobre a validade da proposta pensada e aplicada e, por fim, indicam-se as considerações finais sobre o trabalho.

Ao final do trabalho apresentam-se vários apêndices que acompanham o texto principal, tais como planos de aula, questionários pré-teste e pós-teste, questionário opinativo para os alunos, material didático para o aluno, manual rápido para usar o *Tracker*, questionários das diferentes atividades e experimentos realizados.

1.2 Tecnologia e ensino

Atualmente os recursos tecnológicos se desenvolvem numa velocidade vertiginosa produzindo profundas mudanças no nosso modo de comunicar, de trabalhar, de estudar, enfim, no nosso modo de viver em sociedade, logo nada mais importante que trabalhar utilizando estes avanços a nosso favor. As práticas pedagógicas que podem ser mediadas pela utilização dessas diversas tecnologias são apenas uma de muitas opções para os professores utilizarem estes meios como “estímulo” ao aprendizado a partir do contexto escolar. Estas práticas estão em sintonia com uma visão de construção do conhecimento em um processo que envolve principalmente a superação das abordagens e práticas tradicionais do processo:

“A prática docente deve responder às questões reais dos estudantes, que chegam até ela com todas as suas experiências vitais, e deve utilizar-se dos mesmos recursos que contribuíram para transformar suas mentes fora dali. Desconhecer a interferência da tecnologia, dos diferentes instrumentos tecnológicos, na vida cotidiana dos estudantes é retroceder a um ensino baseado na ficção” (SANCHO, 1998, p.40).

Sobre a funcionalidade das tecnologias, Corrêa (2004) destaca:

“A tecnologia empregada funciona como força impulsionadora da criatividade humana, da imaginação, devido à visibilidade de material que circula na rede, permitindo que a comunicação se intensifique, ou seja, as ferramentas promovem o convívio, o contato, enfim. Uma maior aproximação entre as pessoas” (CORRÊA, 2004, p. 3).

Uma parcela dos educadores já percebeu o valor das TIC e como elas podem auxiliar no processo de aprendizado. Todavia, é preciso ampliar o número de educadores, de modo a termos mais multiplicadores, de modo que uma parcela maior da sociedade possa se beneficiar. Pelo uso das tecnologias diversas relações acabam sendo mediadas por computadores, *notebooks*, *tablets* e celulares enquanto a velocidade de produção e transmissão de informações faz com que a cada minuto sejamos bombardeados por milhares de informações. Os estudantes de hoje, desde crianças, já estão integralmente inseridos na era digital, e habituados ao uso de artefatos como computadores, vídeo games, players de música, câmeras de vídeo, celulares fazem parte do cotidiano deles. Dessa forma, a inserção das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) como elemento mediador no ensino de Física torna-se uma estratégia interessante que pode contribuir significativamente para o processo de ensino e aprendizagem. Portanto, no mundo tecnológico em que vivemos, a inserção das tecnologias no cotidiano escolar torna-se algo natural e ao mesmo tempo complexo.

Segundo Tajra (2001) a escola é uma das instituições que mais demoram a incorporar os avanços tecnológicos:

“Paralela a essa situação, a escola é uma das instituições que mais demoram a inovar e avançar. Desde a descoberta da caneta esferográfica, os professores resistem em aceitar as inovações. Muito pouco tem mudado nos ambientes de aulas das escolas” (TAJRA, 2001, p. 35).

Estas circunstâncias fazem com que deixemos de aproveitar os inúmeros benefícios dessas tecnologias no processo de ensino aprendizagem, fazendo com que o conhecimento seja mediado de uma maneira mais metódica, e pouco sincronizada com o momento da sociedade atual.

Castells (2000) apresenta as características importantes das TIC que são: a informação é a matéria-prima, a flexibilidade das TIC no ensino-aprendizagem, o uso das TIC através da rede mundial (Internet), a informação é parte integrante da vida humana e a convergência das TIC para um sistema altamente integrado. A internet é uma nova forma de comunicação e integração entre pessoas, altamente dinâmica, propiciando a criação, organização e a integração com a informação e estas estão influenciando à relação ensino-aprendizagem. O computador deve dar as condições dos alunos exercitarem a capacidade de procurar e selecionar informação, resolver problemas e aprender a aprender (ALEGRE, 2005). Pode-se perceber que as TIC provocam mudanças. E com seu uso, o educador terá de refletir sobre as várias formas de construção do conhecimento. Por isto, deverá repensar a metodologia e o processo ensino-aprendizagem num ambiente interativo e dinâmico.

O educador precisa construir de forma continuada o ambiente de ensino-aprendizagem na nova realidade da educação, sendo que para isto, necessita mudar seu foco: da memorização para a compreensão, isto é, o educador deve proporcionar, através das facilidades inerentes ao uso das TIC, de forma organizada e compreensiva o acesso à informação aos próprios alunos de modo independente do professor. Esta nova realidade exige que os educadores tenham novas competências, habilidades e atitudes.

Sendo o professor um dos elos mais importantes do processo de ensino-aprendizagem, ele se vê inserido em um novo cenário, repleto de artifícios didáticos, mas que muitas vezes, principalmente os professores de longa data, não têm trabalhado com estes recursos e, ainda há os que resistem ao emprego de tais tecnologias, principalmente por não estarem dispostos a pagar o preço de reformular suas aulas e o jeito de ministrá-las, algo inevitável diante desses recursos.

Em diversos trabalhos sobre o tema Stewart et al. (1989) e Hennessy et al. (1995) demonstraram que os recursos multimídia desempenham importantes funções informativas e contribuem para melhoria da aquisição de conhecimentos do tipo conceitual porque, entre outras coisas, facilitam o acesso a conteúdos educativos de qualquer matéria e permitem apresentar todo tipo de informação (textos, imagens, sons, vídeos, simulações, etc.) relacionada com fenômenos, teorias e modelos científicos.

Porém, o computador sozinho não resolve todos os problemas educacionais, ele é sim, uma importante ferramenta, um facilitador versátil na obtenção do conhecimento, que depende muito da postura das escolas e principalmente dos professores em seu

uso, pois como nos coloca Tajra (2000), no início da introdução dos recursos tecnológicos na área educacional, houve uma tendência a imaginar que as tecnologias iriam solucionar os problemas educacionais, podendo chegar, inclusive a substituir os próprios professores. No entanto, com o passar do tempo, percebeu-se a possibilidade de utilizar esses instrumentos para sistematizar os processos e a organização educacional resultando em uma reestruturação do papel do professor.

Diante disto, acreditamos que devemos repensar o modelo de ensino atual usufruindo dos inquestionáveis recursos a nossa disposição, mas também tendo em mente que todos esses aparatos tecnológicos e tecnologias midiáticas por si só não produzem mudanças, pois a mudança maior será promovida pela mediação do professor.

De acordo com Fernandes et al. (2015) também é possível demonstrar que se pode elaborar e implementar um laboratório virtual com praticamente quaisquer experimentos gerais ou para fins específicos, e para isso seria necessário a utilização de uma infraestrutura de custo relativamente baixo, tendo como comparativo um laboratório usual.

Nesse sentido o laboratório didático virtual tem sido foco de muitos trabalhos de pesquisa em ensino, pois a experimentação desperta o interesse entre alunos de diversos níveis de escolarização, dando sentido a tudo aquilo que é visto na teoria, demonstrando que a realidade não está tão distante quanto parece, e com isso os alunos costumam atribuir à experimentação um caráter motivador, e de certa forma até lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos, e então contemplando o aprendizado sinestésicos e visual (GIORDAN, 1999). O autor afirma que a prática funciona como meio de envolver o aluno nos temas de pauta tornando evidente que os experimentos auxiliam na construção mental do modelo físico que leva ao entendimento dos conceitos por parte dos alunos.

É importante salientar, que a prática não deve ser vista apenas como uma maneira de comprovar o que está escrito nos manuais ou livros didáticos, provar o método científico ou procurar prender a atenção do aluno com efeitos chamativos e belos. A sua execução deve pairar sobre o senso de investigação, da procura pela conexão e transposição do conhecimento científico e o entendimento da natureza, associado a todo o conhecimento construído pela humanidade.

1.3 Teoria da Aprendizagem de David P. Ausubel

Ausubel (1982) propôs uma teoria cognitiva preocupada com o processo de aprendizado cotidiano em sala de aula, onde o fator mais relevante para aprendizagem é o conhecimento que o aprendiz já possui. Esta teoria está baseada no conceito de aprendizagem significativa onde o conhecimento novo é assimilado ao subsunçor, que é um conceito ou proposição do conhecimento específico pré-existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Quando o novo conhecimento se ancora ao subsunçor esse se torna mais elaborado e complexo, com maior poder explicativo.

Na concepção ausubeliana, na aprendizagem significativa o novo conhecimento incorpora-se de forma não-arbitrária e não-literal à estrutura cognitiva do aprendiz, de modo que os novos conhecimentos são modificados ao interagir com os subsunçores pré-existentes e também estes são modificados durante a interação. Para isso o aprendiz precisa estar motivado para relacionar de maneira substantiva e não-arbitrária o novo conhecimento, aos subsunçores de sua estrutura cognitiva. De acordo com Moreira (1993, p.7):

“O subsunçor é um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de “ancoradouro” a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o indivíduo”.

O processo de aprendizagem significativa pode ocorrer quando o conhecimento novo é apresentado utilizando um material potencialmente significativo, de tal forma que existam condições para que o novo conhecimento possa ser ancorado aos subsunçores da estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel sugere o uso de organizadores prévios que são materiais introdutórios apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade, antes de um novo conhecimento, a fim de facilitar a aprendizagem, funcionando como pontes cognitivas.

Na teoria ausubeliana existem dois processos relacionados que ocorrem durante a aprendizagem significativa. O primeiro é a diferenciação progressiva do conceito que serviu de subsunçor, quando um novo conhecimento é aprendido por um processo de interação e ancoragem em um subsunçor, e este também se modifica.

Nas palavras de Moreira (2010, p.6):

“Através de sucessivas interações um dado subsunçor vai, progressivamente, adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas. É isso que se entende por diferenciação progressiva de um conceito, de uma proposição, de uma ideia, ou seja, de um subsunçor”.

O segundo é a reconciliação integrativa quando os elementos existentes na estrutura cognitiva se reorganizam e adquirem novos significados, ocorrendo uma recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva.

Para que aumentem as possibilidades de que venha a ocorrer aprendizagem significativa, cabe ao professor conhecer os conceitos-chave essenciais do conhecimento em estudo, localizar os conceitos unificadores, abrangentes e específicos, identificar os subsunçores necessários para aprendizagem significativa, verificar se o aprendiz possui os subsunçores necessários, propor materiais que sirvam como organizadores prévios e preparar os materiais potencialmente significativos.

Ausubel propõe os seguintes níveis de aprendizagem significativa: aprendizagem representacional cujos símbolos passam a significar para o aprendiz aquilo que significam para o professor, aprendizagem de conceitos cujos conceitos são representados por símbolos particulares e aprendizagem proposicional cuja tarefa é aprender o significado que está além da soma dos significados dos conceitos que compõem uma proposição.

Ausubel argumenta que a aprendizagem significativa em sala de aula é predominantemente receptiva, de tal forma que o aprendiz não precisa descobrir o conhecimento a fim de aprendê-lo significativamente, ressaltando que a aprendizagem significativa receptiva é um processo cognitivo dinâmico.

Considera-se que ocorreu aprendizagem significativa quando o aprendiz é capaz de resolver situações-problema novos, inéditos para o aprendiz.

1.4 Teoria da Aprendizagem de Lev Semenovitch Vygotski

Segundo a teoria da interação social de Lev S. Vygotsky os fatores que influenciam o desenvolvimento do ser humano estão relacionados com as interações que ocorrem entre o sujeito e o meio, no qual se encaixa a sociedade, cultura, história de vida, oportunidades, experiências, etc. Segundo estes princípios, a aprendizagem trabalha com dois tipos de conceitos: os espontâneos relacionados a contextos particulares, formados no cotidiano, nas relações sociais do seu meio e de sua cultura; e os conceitos científicos adquiridos na escola e construídos a partir de relações com outros conceitos prévios já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Esse desenvolvimento ocorre durante toda a sua vida através do uso de instrumentos, signos e sistemas simbólicos.

“A conversão de relações sociais em funções mentais superiores não é direta, é mediada. E essa mediação inclui o uso de instrumentos e signos. Um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma coisa”. (MOREIRA, 1995, p. 86).

Segundo Moreira (1995), existem três tipos de signos: 1) indicadores, são aqueles que possuem uma relação de causa e efeito com aquilo que significam, exemplo: fumaça indica fogo porque é causada por fogo; 2) icônicos, são imagens ou desenhos daquilo que significam; 3) simbólicos, são os que tem uma relação abstrata com o que significam. As palavras, por exemplo, são signos linguísticos, os números são signos matemáticos; a linguagem, falada e escrita, e a matemática são sistemas de signos.

Através da mediação é que ocorre o desenvolvimento das funções mentais superiores: controle consciente do comportamento, atenção e lembrança voluntária, memorização ativa, pensamento abstrato, raciocínio, planejamento, entre outros. (MOREIRA, 1999).

As relações sociais estão por trás da origem do desenvolvimento dos processos mentais superiores, ou seja, existe uma conversão destas em funções mentais, através do uso do instrumento e signos que são compartilhados por uma comunidade num contexto histórico cultural.

O domínio de linguagens abstratas formadas por um sistema de signos convencionais permite uma flexibilização do pensamento:

“A linguagem é, para Vygotsky, o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo do ser humano, porque o libera dos vínculos contextuais imediatos. O desenvolvimento dos processos mentais superiores depende de descontextualização e a linguagem serve muito bem para isso na medida em que o uso de signos linguísticos permite que o indivíduo se afaste cada vez mais de um contexto concreto”. (MOREIRA, 2006, p. 6).

A escola, segundo Vygotsky, tem a função de lançar as bases dos estudos científicos que são linguagens sistematizadas com signos próprios e com conceitos abstratos que mantêm uma ordem hierarquizada. Para entender os novos conceitos é necessário que no processo de aprendizagem haja uma relação entre aquilo que o aluno traz como experiência pessoal e aquilo que se quer ensinar. Ele transforma a nova informação a partir de suas próprias generalizações e significados de acordo com seus esquemas lógicos e conceituais, para isso necessita do auxílio de outra pessoa com mais experiência. (CÓRIA-SABINI, 2001).

A teoria sociocognitivista de Vygotsky parte da ideia de que a aprendizagem ocorre pela interação social, promovendo o desenvolvimento intelectual.

“O ensino se consuma quando aluno e professor compartilham significados”. (MOREIRA, 1995, p. 93).

“Sem interação social, ou intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo. Interação e intercâmbio implicam, necessariamente, que todos os envolvidos no processo ensino-aprendizagem devam falar e tenham oportunidade de falar”. (MOREIRA, 1995, p. 93).

Um dos conceitos chave da teoria de Vygotsky no sociocognitivista é o de “zona de desenvolvimento proximal” que é definida como:

“A distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo do aluno, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido através da solução de problemas sob orientação ou colaboração de companheiros mais capazes”. (Vygotsky *apud* Moreira, 1999, p. 116).

Segundo as citações acima, a aprendizagem pode-se dar de forma independente, mas também pode ocorrer com a intervenção de colegas mais experientes ou o professor. Em uma perspectiva interacionista, os alunos têm uma participação mais intensa nas decisões a serem tomadas, seja na possibilidade de se expressar, levantar hipóteses e chegar às conclusões.

Vê-se pelos parágrafos anteriores que as teorias de Ausubel e Vygotsky se complementam, não sendo possível traçar uma linha divisória entre elas, estando as mesmas constantemente no foco deste trabalho. Também convém ressaltar, que as teorias construtivistas respeitam as diferenças, alunos não são todos iguais, pois realidades diferentes geram crianças diferentes, que por sua vez determinam seu próprio ritmo de aprendizagem.

Por isso a importância de desenvolver atividades de experimentação que permitam um maior contato e acompanhamento do professor identificando possíveis falhas e dificuldades que possam surgir no processo de ensino-aprendizagem, propiciando também a colaboração e a aprendizagem com outros alunos.

Um ambiente de aprendizagem, segundo estas teorias, deve levar em conta a bagagem de conhecimentos adquiridos pelo aluno na sua experiência de vida para que o novo aprendizado se torne significativo. O aluno deve ser instigado a resolver uma nova situação através de conversas e debate com seus colegas, além da orientação do professor, e deve buscar a elucidação do mesmo e também refletir sobre sua ação. O aprendiz deve agir de forma consciente e planejada.

O desenvolvimento da cognição através do uso das novas tecnologias já faz parte da realidade escolar, mesmo que timidamente. O computador e o *smartphone* são as ferramentas sociais do momento que facilitam a mediação entre o ambiente de estudo e a estrutura cognitiva através da aquisição de signos e sistema de símbolos utilizados em cada tema de estudo particular. As TIC também permitem potencializar a interação e a cooperação entre alunos de uma mesma escola e até mesmo fora dela, através de salas de bate-papo, fóruns, programas e sites de relacionamento pessoal, muitas são as possibilidades.

O desenvolvimento e a implementação desta proposta didática foram embasados nos pressupostos das teorias cognitivistas da aprendizagem de Ausubel e Vygotsky, como poderá ser constatado na descrição da implementação da proposta didática.

1.5 Recursos tecnológicos e ensino de Física

A importância das aulas experimentais para o aprendizado de física têm sido o objeto de estudo de muitos pesquisadores da área, e em sua grande maioria estão de acordo com o uso de experimentação no ensino, chegando no consenso de que, se bem elaboradas, auxiliam no reforço dos conceitos vistos nas aulas teóricas e também servem para motivar os alunos na aprendizagem da Física. Segundo Moreira (1991).

“A experimentação pode contribuir para aproximar o ensino de Ciências das características do trabalho científico, além de contribuir também para a aquisição de conhecimento e para o desenvolvimento mental dos alunos”.

Existe uma ampla possibilidade de aplicação de atividades experimentais, que vão desde a simples verificação de modelos teóricos até atividades experimentais que criam uma visão construtivista do ensino, entretanto, o sucesso das atividades experimentais em sala de aula depende diretamente da escolha e clareza dos objetivos que se deseja alcançar.

Os PCNs do ensino médio encaram as transformações representadas pelas TIC como potencializadoras das práticas pedagógicas. *“A problemática se encontra nas formas de seus usos e não nos fins de sua criação (BRASIL, 2002. Pág. 132).”* Supõem, desta forma, que as linguagens e os recursos tecnológicos, com conteúdo e intencionalidade plurais, constituem fins legítimos à formação dos sujeitos; restando ao pensamento educacional tão somente desvendar os meios e as formas adequados de selecioná-los, classificá-los e utilizá-los.

Assim, as novas tecnologias de informação e comunicação são encaradas como ferramentas que simbolizam a revolução pela qual devem passar as propostas formativas contemporâneas. Pela assimilação das novas tecnologias, a educação se credenciaria a fazer frente aos desafios deste século.

A imersão das ações formativas nas tecnologias de informação e comunicação é apresentada pelos Parâmetros como a via natural rumo à superação do modelo ultrapassado de educação tradicional. Muito mais que meras ferramentas, as novas TICs

parecem representar a razão-mor das propostas de formação atual, reformuladas sob as diretrizes das reformas do final dos anos de 1990.

O trato com o conjunto avassalador de produções tecnológicas se eleva a condição para a inserção do sujeito no conjunto de códigos e símbolos de linguagens contemporâneas. Nos PCNEM temos:

“No mundo contemporâneo, marcado pelo apelo informativo imediato, a reflexão sobre a linguagem e seus sistemas, que se mostram articulados por múltiplos códigos, e sobre os processos e procedimentos comunicativos é mais que uma necessidade, é uma garantia de participação ativa na vida social, a cidadania desejada”. (PCNEM, 2000, Pág. 06).

Os programas de vídeoanálise de objetos em movimento possibilitam que vídeos com qualidade aceitável sejam tratados e analisados quadro a quadro. Existem alguns programas para tratar estas imagens, embora nem sempre gratuitos. Podemos citar além do programa *Tracker*, que será utilizado nas análises de vídeos do presente projeto, o *VideoPoint*², *Modellus*³, *Physics Toolkit*⁴, *Measurement-in-motion*⁵ e o *LoggerPro*⁶.

Todos esses aplicativos têm um elemento comum: basicamente servem de meio efetivo de recolha de dados, e de análise e elaboração de representações sobre o movimento presente no vídeo, e dependendo de caso para caso, de mais algumas funcionalidades que podem ser utilizadas como modelação integrada.

Como exemplo da utilização de recursos de filmagens e de análise de vídeos, pode-se citar o projeto aplicado em escolas públicas de São Carlos (SP), sob a orientação da equipe do CDCC/USP⁷, no qual a análise quantitativa de movimentos reais e outros produzidos em laboratório foi feita com o programa chamado SAM (Sistema de Análise Digital de Movimentos).

² *VideoPoint*, consiste de um pacote bem completo para a videoanálise de vídeos, mas é pago e de custo elevado. Disponível em: <http://www.vpfundamentals.com/>. Acessado em: 10/01/2015.

³ O *Modellus* pode ser descarregado gratuitamente em <http://modellus.fct.unl.pt/>.

⁴ *Physics ToolKit* é formalmente conhecido como world in motion. Possui um pacote completo que, além do programa, traz um banco de vídeos sobre mecânica.

⁵ *Measurement-in-motion*: Disponível em: <http://www.learninginmotion.com/products/measurement/>.

⁶ *Logger-Pro*: Disponível em: <http://www.vernier.com/products/software/lp/>

⁷ No período de agosto de 2000 a novembro de 2002, o projeto foi coordenado pela equipe do Centro de Divulgação Científica e Cultural – CDCC/US. Disponível em: <http://educar.sc.usp.br/sam>. Acessado em: 10/01/2015.

Os filmes produzidos formaram um banco de imagens, que foi disponibilizado na internet. Segundo os autores (MINATEL. SCHIEL, 1998) a avaliação do projeto mostrou que os alunos ficam mais motivados quando analisam e interpretam movimentos que fazem parte do seu cotidiano. O tratamento dos vídeos possibilita ao estudante coletar e analisar dados de forma rápida e eficiente, além de capacitar os estudantes a investigar as relações entre os conceitos físicos vistos em sala de aula com os movimentos que existem fora da sala de aula.

A proposta apresentada neste trabalho difere do projeto de aplicação do software SAM em relação ao público alvo, e nos meios para se chegar aos objetivos propostos, pois no nosso caso, ocorrerá a construção de experimentos que serão filmados para posterior análise com o programa *Tracker*.

Outra qualidade apontada no uso de programas de análise de vídeos diz respeito à interpretação dos gráficos produzidos. Estudos têm apontado que um percentual considerável de alunos interpreta de forma equivocada os gráficos existentes nos estudos dos movimentos. Por exemplo: em gráficos do tipo posição/tempo, os alunos são levados a pensar que o gráfico mostra a trajetória do objeto com o passar do tempo (BEICHNER, 1994). Segundo o autor, os programas de análise de vídeo ajudam os alunos no sentido de diminuir as dificuldades no entendimento e na construção dos gráficos.

O uso de recursos de informática, tais como animações, *applets*, programas educativos, propicia um ensino da Física mais dinâmico ao fazer relações dos conceitos vistos em sala de aula com fenômenos estudados através de análises gráficas, exercícios e experiências virtuais. Cita-se como exemplo uma proposta aplicada no ensino médio:

“A introdução da informática no Ensino de Física deve servir como uma ferramenta auxiliar na prática pedagógica, permitindo situações mais criativas em sala de aula, que favorecem a aprendizagem significativa. A tecnologia da informática oferece uma série de possibilidades, como a internet, o correio eletrônico, hipertextos, animações, simulações e ambientes de ensino, que podem viabilizar um espaço de ensino-aprendizagem mais eficiente, motivador e envolvente”. (MIRANDA Jr. 2005, Pág. 15).

Portanto, o computador é uma ferramenta para a qual se tem o reconhecimento elevado potencial didático, particularmente no ensino da Física, dado permitir a criação

de ambientes de aprendizagem promotores da construção do conhecimento numa lógica construtivista.

A análise digital de vídeo é um exemplo de procedimento que se enquadra nesse espírito, proporcionando uma perspectiva visual do movimento, em simultâneo e de forma síncrona, com a sua representação, o que para além de diluir as tradicionais dificuldades encontradas na análise de gráficos, permite ao aluno elaborar um estudo do movimento e das leis que o regem.

A dissertação de mestrado de Ferreira (2012) contém exatamente a ideia apresentada no parágrafo anterior e também apresenta algumas sugestões de atividades didáticas orientadas para o estudo da cinemática, envolvendo a análise digital de vídeo através do programa *Tracker*, acompanhadas de análise de dados em Excel, e modelação, recorrendo ao *Tracker* e/ou ao *Modellus*. Segundo Ferreira (2012, p. 125):

“O programa Tracker permite elaborar um modelo capaz de “dar vida” à representação matemática, animando o respetivo modelo que será ajustado ao vídeo. Este novo ambiente exploratório possibilitará ao aluno cimentar os conceitos através da representação concreta de algo cuja representação era meramente abstrata. A Análise Digital de Vídeo, para além do seu potencial didático, apresenta-se como estratégia de baixo custo dado que se pode socorrer da mais barata webcam ou de um qualquer telefone com câmara de vídeo, e um simples computador, estando por isso ao alcance de qualquer escola e/ou aluno poder explorar a Física por esta via.”

Outro trabalho representativo do uso da vídeoanálise foi produzido por Calloni (2008). Em sua proposta para o ensino fundamental têm-se por objetivo introduzir a Física de maneira lúdica para alunos da oitava série através da análise de filmagens de movimentos do cotidiano do aluno, como pessoas caminhando, andando de bicicleta, skate, um jogo de basquete, etc. Ao final de seu trabalho, Calloni (2008) chegou à conclusão de que os principais objetivos foram atingidos, dentre os quais podemos citar: melhora na motivação, interesse e participação ativa dos alunos, a percepção de que a Física não é apenas um conjunto de equações e que os resultados encontrados em experimentos reais são sempre discutíveis, o entendimento dos eventos Físicos em

representações como tabelas e gráficos e a compreensão de que a Física se baseia em modelos para explicar a realidade.

Existem muitas outras propostas desenvolvidas utilizando o programa *Tracker* como ferramenta de coleta de dados, mas não se enquadram na ideia que o presente trabalho propõe, que é o de utilizar o *Tracker* como ferramenta para o ensino de Física na educação básica.

Capítulo 2 – Sobre o programa *Tracker* e os blogs para o Ensino de Física

Este capítulo comenta sobre a importância de usar as TIC para o ensino, em especial o porquê de ser escolhido, para o presente trabalho, o uso do programa *Tracker* no ensino do assunto movimentos da disciplina de Física no ensino médio. Com a finalidade de disseminar todos os trabalhos feitos, foi construído um *blog*. A escolha do blog apropriado para a finalidade que se desejava ocorreu a partir da análise dos *blogs* existentes, das suas funcionalidades, características, dificuldades de implementação, etc. Este estudo encontra-se na segunda parte deste capítulo.

2.1 Videoanálise e o programa *Tracker*

Há diversas situações de ensino que só são possíveis pelo uso de recursos tecnológicos, como por exemplo, a realização de medições de objetos em movimento. Em algumas situações esses recursos podem ser fundamentais no processo de aprendizagem (VEIT, 2005). Um dos obstáculos que se coloca para a utilização de tecnologias no ensino é o custo elevado dos equipamentos de laboratório e das tecnologias proprietárias (*hardware* e *software*). Neste contexto, é importante o desenvolvimento e a difusão de tecnologias livres que apresentem, ao mesmo tempo, qualidade, flexibilidade de uso e baixo custo, de modo a que sejam compatíveis com a realidade educacional brasileira (BEZERRA Jr et al., 2009, 2012).

Pelo cenário exposto acima, optamos por explorar o programa livre *Tracker* (BROWN, 2010), filiado ao projeto *Open Source Physics* (2010) relacionado ao desenvolvimento de programas com códigos abertos destinados ao ensino de Física. O programa *Tracker* permite realizar análise de vídeos quadro a quadro, com o que é possível o estudo de diversos tipos de movimento a partir de filmes feitos com câmaras digitais ou webcams e computadores comuns.

Entendemos que, através do uso desta tecnologia, professores e estudantes de Física têm as condições objetivas de desenvolver experimentos significativos e atividades de laboratório de baixo custo, mas alta qualidade acadêmica. Sendo um

programa livre, pode ser obtido e repassado livremente e também está aberto a modificações realizadas pelo usuário. Além disso, é um software de fácil aprendizagem, o que torna simples seu uso na obtenção de informações relevantes.

Essa opção pelas tecnologias livres em ensino é corroborada por Pretto (2001), que afirma:

“Não podemos mais continuar formando aquele ser humano mercadoria, mão de obra barata para uma sociedade tecnológica. Precisamos, e aí a escola pode ter um importante papel, formar um ser humano programador da produção, capaz de interagir com mecanismos da comunicação, um ser humano participativo que saiba dialogar com os novos valores tecnológicos e não um ser humano receptor passivo.” (PRETTO, 2001, p.220 apud DOS ANJOS, 2008, p. 570).

Em resumo, o *Tracker* cumpre várias funções no processo de ensino-aprendizagem: permite aos alunos acompanharem a evolução das grandezas físicas em tempo real, pondo fim à mera sequência de passos experimentais em roteiros de laboratórios estruturados ao extremo; permite a manipulação dos dados e a construção dos gráficos a partir de tais observações, fundamental para a construção do conhecimento físico a partir de atividades experimentais (ALVES FILHO, 2009), e, finalmente, permite aos atores deste processo serem agentes ativos na construção, customização e adequação do programa às suas realidades, como, por exemplo, a tradução do *Tracker* para o português feita pelos autores e já disponibilizada para a comunidade que dá suporte ao programa (TRACKER BRASIL, 2011).

Muitos experimentos fundamentais de mecânica envolvem a medição da posição de um móvel em função do tempo. Isso é geralmente feito com o uso de sistemas tipo *fotogate*, que demandam circuitos eletrônicos compostos de diversos fios, conectores e interfaces que têm, em geral, a limitação de fornecer apenas alguns pares de pontos (posição x tempo) experimentais para análise. No caso em que interessa demonstrar a relação funcional entre estes pontos – por exemplo, em um experimento de queda-livre, esta relação é uma parábola – é importante haver vários pontos experimentais, o que é muito facilitado com o uso da videoanálise.

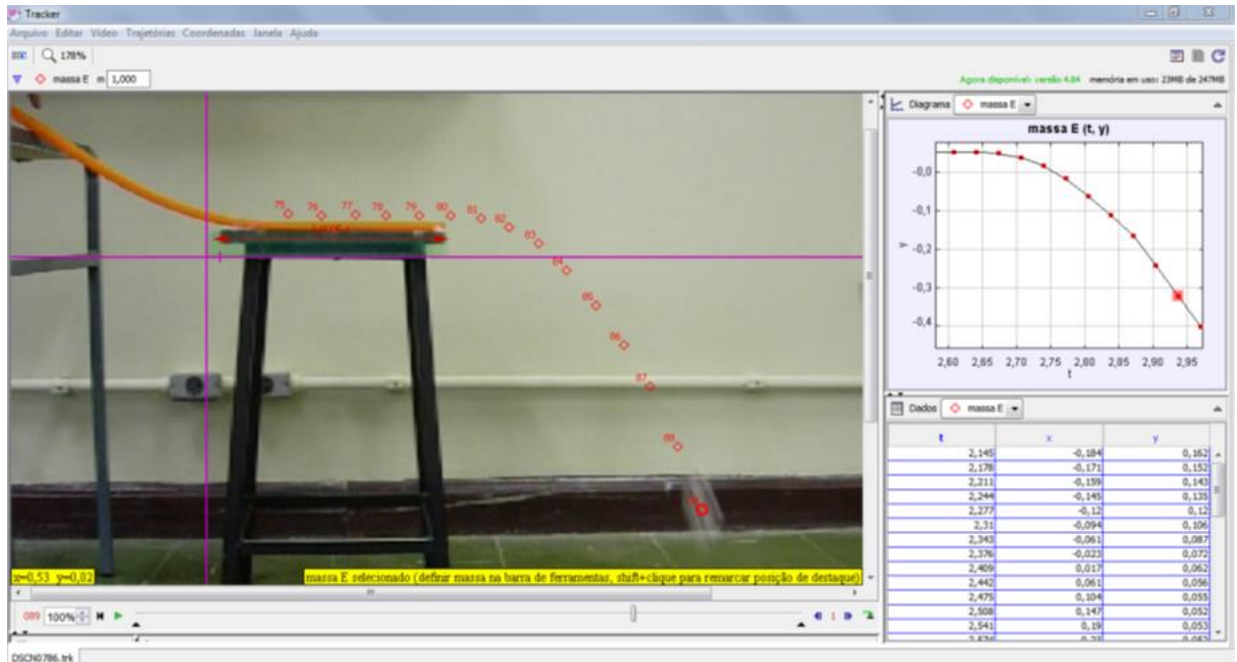
Nesse sentido, câmeras digitais comuns, de baixo custo, permitem a gravação de vídeos com taxas de dezenas de quadros por segundo. Por exemplo, com 20 quadros por segundo, a separação temporal entre quadros será de 0,05s. Assim, após gravar o

vídeo, cria-se um mapa de movimento quadro a quadro do objeto cujo movimento está sendo estudado. Com isto, pode-se obter com relativa facilidade dezenas de pontos experimentais a serem analisados a fim de confirmar, investigar, desenvolver e explorar diversas teorias físicas.

Cabe aqui observar que o *Tracker* também apresenta limitações, por exemplo, para uma câmera com resolução de 20 quadros por segundo, quando as velocidades são grandes (da ordem de dezenas de metros por segundo ou maiores), as imagens podem ficar borradas, pois o objeto percorre espaços consideráveis nos intervalos em que o obturador “abre e fecha” para registrar os quadros do movimento, dificultando a obtenção dos valores de posição em função do tempo. Sendo assim, há ocasiões que requerem o uso de câmeras com maior resolução temporal, o que pode encarecer significativamente a realização de experimentos mediados pelo *Tracker*. Nestes casos, o uso de sistemas baseados em *fotogates* pode apresentar melhor resolução e ser mais conveniente. Neste contexto, entendemos que o *Tracker* desponta como uma alternativa complementar para a análise de movimentos em aulas de física.

Um procedimento típico mediado pelo uso do *Tracker* consiste na organização do experimento e na filmagem do movimento de interesse. Em seguida, transfere-se o arquivo de vídeo para o programa (que deve estar previamente instalado no computador) e faz-se a marcação dos pontos quadro a quadro. Os procedimentos necessários são explicados nos manuais presentes no programa (BROWN, 2011; TRACKER BRASIL, 2011). Um experimento de queda livre, por exemplo, requer cerca de cinco minutos para ser realizado, e o processo de transferência do arquivo de vídeo e de marcação de vários pontos experimentais é facilmente realizado em menos de 15 minutos por um usuário iniciante.

Figura 1 – Aspecto geral da interface do programa *Tracker*.



Fonte: Utilização de TIC para o estudo do movimento: alguns experimentos didáticos com o software Tracker. Abakós, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 24–34, maio 2014.

Na figura 1 acima, é apresentada uma tela típica do *Tracker*. Refere-se a um experimento de movimento parabólico no qual foi utilizado um carrinho de brinquedo. Na parte esquerda da tela, aparece recorte da filmagem realizada e notam-se as marcações (triângulos sobrepostos à lousa) representando o movimento quadro a quadro do carro, que abandona a pista depois de ter sido solto pelo estudante, que também está presente na imagem. À direita, observa-se um gráfico da posição horizontal (x) em relação ao tempo (t) e, também, uma tabela (abaixo) com os valores das posições horizontal, vertical (y) e tempo. Estas tabelas de dados podem ser analisadas com os recursos presentes no *Tracker* para realização de ajustes de curvas e obtenção das respectivas equações. As tabelas também podem ser copiadas e manipuladas por meio de programas específicos destinados ao tratamento de dados experimentais, como, por exemplo, o editor de planilhas do *BrOffice* (2011), também integrante da comunidade do software livre.

2.2 Blog

Os *blogs* são ferramentas que oferecem um ótimo nível de interação entre professor e aluno, comunidade e escola, pois disponibilizam espaço para que os leitores interajam com o autor por meio de mensagens instantâneas.

O potencial pedagógico dos *blogs* aliado à intimidade que os jovens têm com o computador torna as aulas mais agradáveis, interessantes e adequadas à sociedade contemporânea, que se caracteriza pela velocidade na distribuição da informação. O *blog* torna-se um espaço educacional privilegiado, pois permite a reflexão sobre a leitura e a escrita do que é postado pelo autor, bem como sobre as mensagens postadas pelos visitantes, que colaboram e cooperam formando uma comunidade aberta e receptiva. Desta forma, são ampliadas as possibilidades de um diálogo mais autêntico e profundo com outras formas de saber, outros pontos de vista, favorecendo a interdisciplinaridade, ajudando a construir redes sociais e redes de saberes.

Em sala de aula, os *blogs* servem para registrar os conhecimentos adquiridos pelos alunos durante os projetos de estudo, sendo possível enriquecer relatos e textos com links, fotos, sons e ilustrações. Elaborando *blogs*, desenvolve-se o hábito de registro e divulgação de descobertas e boas iniciativas. É uma ótima estratégia para desenvolver a criatividade e dar oportunidade de expressão ao estudante. O uso de *blogs* no processo de aprendizagem pode abrir novos canais de comunicação entre professores e alunos, alunos e comunidade, alunos e o mundo, incentivando o convívio e a aprendizagem dos conhecimentos curriculares e das tecnologias digitais.

Nesta concepção, se torna necessário salientar a importância da utilização de *blogs* no processo de aprendizagem, tendo em vista as possibilidades de comunicação e interatividade que permitem. O *blog* é uma nova modalidade de leitura e de escrita, um novo meio de produção de conhecimento e de compartilhamento de informações. O uso de *blogs* na educação é capaz de enriquecer uma aula, basta adaptá-los aos objetivos pedagógicos, oportunizando que o conhecimento seja construído por meio da interação entre os recursos digitais e as capacidades individuais, criando um ambiente favorável para a aprendizagem.

Como ferramenta no ensino de Física, o *blog* amplia o conceito de interatividade e o oferecimento de serviços online de conteúdos por pessoas que passaram a publicar suas produções na internet. O *blog* permite a mudança nos espaços e tempos para

aprendizagem, hoje qualquer lugar e hora se configuram espaços de aprendizagem, através da produção e compartilhamento de informações e conhecimentos. “ Para a educação formal, esse fato ganhou proporções, para alguns positivos no sentido que essa iniciativa funcionará como um incentivo para que os alunos se deixem seduzir pelas ciências, transformando informação em conhecimento” (ALDÉ, 2003, p. 340).

Em pesquisa recente, usando a ferramenta de busca de *blogs blogsearch* do Google. Foram encontrados aproximadamente 300.000 resultados de blogs existentes voltados para o ensino na educação básica. Nesta mesma pesquisa, ampliando os parâmetros de busca a fim de encontrar os blogs brasileiros de ensino de física voltados para os alunos do ensino médio, o número de resultados despenca drasticamente, sendo os poucos *blogs* listados abaixo os que foram considerados os mais relevantes:

- descomplica.com.br/fisica
- www.fisica.net
- mesalva.com
- <https://www.stoodi.com.br/fisica/videos/>
- www.efeitojoule.com/2009/.../fisica-ensino-medio-fisica-medio-ensino
- www.10emtudo.com.br/sub-materia/ensino/fisica
- efisica.if.usp.br/mecanica/ensinomedio/
- quimefis.blogspot.com/
- fisicadoanchieta.blogspot.com
- fisicapaidegua.blogspot.com
- o-mundo-da-fisica.blogspot.com/p/apresentacoes-powerpoitn.html

Tabela 1 - Segundo o site InfoEnem, os sites listados acima são os 10 melhores sites de Física.

Site	Conteúdo	Navegação	Aparência	Interatividade	Atualização
www.sofisica.com.br	10	10	10	10	5
www.fisica.net	9	7	5	5	6
efisica.if.usp.br	9	10	10	5	9
pion.sbfisica.org.br	9	9	8	8	7
www.infoescola.com	10	8	8	5	9
www.mundoeducacao.com.br	8	9	9	5	7
www.adorofisica.com.br	7	7	7	6	6

Site	Conteúdo	Navegação	Aparência	Interatividade	Atualização
www.sbfisica.org.br/v1/	6	10	9	5	10
www.estudefisica.com.br	9	10	8	7	7
www.fisica.com.br	7	6	7	6	9

Fonte: <https://www.infoenem.com.br/os-10-melhores-sites-e-blogs-de-fisica-do-brasil/>. Acessado em: 10/07/2015.

Vários autores colocam a necessidade da implementação das TICs no cotidiano escolar como forma de mudança do trabalho docente e no aprimoramento do processo ensino aprendizagem. Dentre as várias possibilidades de implementação das TICs em sala de aula ou fora dela temos os AVA (ambientes virtuais de aprendizagem), utilização de software ou aplicativos específicos ou as redes sociais, como Martinho e Pombo (2009, p.529) destacam:

“As tecnologias de informação e de comunicação (TIC) podem constituir um elemento valorizador das práticas pedagógicas, já que acrescentam, em termos de acesso à informação, flexibilidade, diversidade de suportes no seu tratamento e apresentação. Valorizam, ainda, os processos de compreensão de conceitos e fenômenos diversos, na medida em que conseguem associar diferentes tipos de representação que vão desde o texto, à imagem fixa e animada, ao vídeo e ao som”.

Assim, o uso de *blogs* na educação pode contribuir para o desenvolvimento de diversas competências, como: pesquisa, seleção de informação, produção de texto escrito, poder de síntese, domínio de serviços e ferramentas da rede. São apenas algumas das diversas capacidades associadas aos projetos de criação de *blog* dentro da circunstância escolar (GOMES, 2005).

Enquanto Halmann (2007) aponta, que a partir do blog, existe a possibilidade de surgimento de novas práticas sociais ao enfatizar que,

“...indicamos aqui que os *blogs* podem servir como ferramenta de suporte ao registro e reflexão da prática docente, com várias potencialidades associadas e dinâmicas. Os *blogs*, neste contexto, indicaram a comunicação e as mídias digitais como fundamentais na formação de professores, deixando emergir novas práticas sociais.” (HALMANN, 2007, p. 170)

Com a intenção de propiciar ensino e aprendizagem de Química e Física, Moresco e Behar (2006), organizaram os alunos em grupos e propuseram a criação de blogs educacionais, onde os alunos deveriam pesquisar, elaborar e publicar textos ilustrados sobre os temas das disciplinas além de postarem links para sites relacionados aos conteúdos curriculares de Química e Física.

“...os alunos deveriam assumir a edição de seus *blogs*, segundo os autores, os alunos, a partir da orientação das professoras, se organizaram em grupos distintos, pesquisando sobre os assuntos enfocados, elaborando textos ilustrados e assumindo a edição dos seus blogs. Este trabalho deu origem a uma rede de blogs educacionais de Física e Química.” (MORESCO e BEHAR, 2006, p. 5)

De modo geral, percebemos que criação de *blogs* pelo jovem é encarada como uma atividade divertida, uma forma lúdica de estudar que requer leitura e produção de conteúdo além de desenvolver a capacidade de articulação com outros tipos de recursos tais como livros, revistas e jornais. Na maior parte das vezes, ao construírem um *blog*, os alunos precisarão também, interagir com a web e entre eles, criando deste modo, um espaço virtual que proporciona um processo de construção coletivo e colaborativo muito abrangente e interdisciplinar como concluem em sua pesquisa, Moresco e Behar (2006).

Criar um blog e abastecê-lo de informações não é uma tarefa difícil, mesmo para quem não tem nenhum conhecimento de programação. Mas inicialmente é necessário escolher a plataforma adequada e dominar os diversos tipos de serviços que ela pode oferecer. Existem inúmeras plataformas de blogs e ainda, um bom programador pode criar sua própria plataforma. Abaixo existe uma relação das principais plataformas para criar blogs com particularidades, vantagens e desvantagens de cada uma delas.

- *Wordpress* (www.wordpress.com)

WordPress é a plataforma de blogs *open Source* (de código aberto) mais popular da atualidade, sendo a mais profissional também. Caso você deseje se tornar um usuário do *WordPress*, você tem a opção da criação de um *blog* em seu próprio servidor ou a criação de um *blog* hospedado no *WordPress.com*. Graças a uma gigantesca quantidade de desenvolvedores e usuários espalhados pelo mundo, o *WordPress* possui uma vasta quantidade de temas, *plugins* e ferramentas para toda e qualquer funcionalidade.

Não é tarefa trivial a instalação e a configuração de um blog wordpress, mas uma vez instalado e funcionando corretamente existe uma variedade quase que ilimitada de plugins e configurações que podem ser utilizadas. Também é possível fazer upload arquivos como js, css, xml, imagens muito grandes, áudio e vídeo. Suas desvantagens são que as melhores ferramentas ficam em uma versão paga e para personalizar, a pessoa deve ter um bom conhecimento em programação.

- *Blogger* (www.blogger.com)

O *Blogger* é o mais popular dos *blogs* e a plataforma de *blogs* grátis mais amplamente utilizada no Brasil e no mundo, além de ser de propriedade do Google. O Blogger estava no auge, antes da ascensão do *WordPress*, o qual é o mais utilizado atualmente por empresas e por pessoas que querem um serviço mais profissional e com mais possibilidades. Ao seu favor, o Blogger se mostra muito fácil utilizar, é gratuito e não leva mais do que 15 minutos para que qualquer pessoa leiga em programação possa criar seu próprio *blog*. É um serviço intuitivo para personalizar, instalar e modificar *widgets*. Não precisa fazer downloads para instalar *plugins*. Dispensa o conhecimento em programação por parte dos usuários, mas é possível programar se quiser. Não existe uma versão paga, todas as ferramentas e *templates* são grátis, mas existem *templates* de terceiros para vender na web.

O aspecto desfavorável do uso do Blogger para criar blogs consiste no fato de que só há possibilidade de fazer upload de imagens de até 1024 pixels e vídeos com duração e qualidade baixos, não aceitando upload de outros tipos de arquivos. Por fim, se um dia o criador do *blog* resolver migrar para outro servidor, perderá todas as configurações e o dono do *blog* sempre é o Google, podendo excluí-lo ou alterá-lo como bem entender.

- *Tumblr* (www.tumblr.com)

O *Tumblr* está focado em postagens curtas e frequentes, que geralmente são maiores que uma atualização do *Twitter*, mas com conteúdo não tão aprofundado e formal como um *blog* regular ao qual estamos mais acostumados. Exatamente por ser um micro-*blog* o *Tumblr* é perfeito para quem não tem muito tempo para se dedicar ao seu *blog*.

- *Hubpages* (www.hubpages.com)

Consiste de uma plataforma de *blog* grátis muito útil e popular, sendo que o usuário não precisa de conhecimento técnico para utilizar esse serviço. Com o

Hubpages é muito fácil publicar seu *blog* gratuitamente. Como vantagem podemos citar que ele tem a opção de seguir e *reblogar* outros *blogs* e também possui muitos layouts de terceiros grátis e pagos disponíveis no próprio site. Como desvantagens apresenta personalização e programação mais complicadas.

- *Livejournal* (www.livejournal.com)

O *Livejournal* é um diário virtual que possui muitos recursos que apenas são encontrados nas plataformas de *blogs* mais complexas. No *Livejournal* seu *blog* poder ter múltiplos autores, permite comentários, calendários de postagens e enquetes.

- *Weebly* (www.weebly.com/?lang=pt)

Iniciado em 2006, *Weebly*, desde então tem vindo a fornecer soluções para quem deseja criar um blog gratuito ou até mesmo um simples site grátis. Para criar um *blog* gratuito no *Weebly* você deve simplesmente criar uma conta, fazer *login* e escolher um entre uma grande quantidade de modelos gratuitos disponíveis. O *Weebly* tem sido aclamado como o serviço gratuito melhor e mais fácil para se criar um blog ou site gratuito.

- *Blog.com* (www.blog.com.br)

Blog.com é uma plataforma de *blogs* com todos os principais recursos das outras plataformas. Ao criar um blog nessa plataforma seu domínio será do tipo *seublog.blog.com*. O *Blog.com* oferece soluções para que você possa criar um *blog* de graça e com um pagamento mensal serão adicionados alguns benefícios que apenas são disponibilizados para os membros pagos.

- *Edublogs* (www.edublogs.org)

É a melhor opção para estudantes ou professores, pois é uma plataforma de *blog* popular e amplamente utilizado por serviços de educação. A plataforma *Edublogs* permite que você crie e gerencie *blogs*, personalize rapidamente seus projetos e inclua vídeos, fotos e *podcasts* de forma fácil e segura. Fundado em 2005, o *Edublogs* possui cerca de 1.864.00 *blogs* em sua plataforma. É uma verdadeira comunidade educativa, sendo que Universidades como a de Stanford e Cornell University, entre outras, fazem uso desse serviço para fins educacionais.

- *Twitter* (twitter.com/?lang=pt-br)

É um microblog apenas para texto e links, apesar dele estar se adaptando com imagens e vídeos.

- *Instagram* (www.instagram.com)

É muito parecido com o *Tumblr*, mas não é possível colocar links, a não ser para outros usuários do *Instagram*. Pode criar *hashtags* igual ao *Twitter*. Só pode criar posts usando aplicativo de dispositivos móveis e pode sincronizar com outras redes sociais.

- *Joomla!* (www.joomla.org)

É muito similar ao *wordpress* em questão de ferramentas e *plugins*. *Joomla!* (pronuncia-se djumla) é uma plataforma muito utilizada pelos web designers quando o assunto é um site gerenciável. Ela oferece infinitos recursos, *templates*, módulos e componentes, que fazem o seu trabalho totalmente profissional. É uma plataforma *Open Source*, ou seja, de código fonte aberto e podendo ser feito o download sem nenhum custo.

- *UOL Blog* (<http://www.uolhost.uol.com.br/lp/blog.html?psid=1#rmcl>)

Se parece muito ao *blogger* em relação a maneira de trabalhar, mas a desvantagem são os banners do UOL.

Tabela 2 - Tabela com as diferenças e semelhanças das plataformas de criação de blogs. Análise feita no período de 10/10/2014 a 20/05/2015.

Plataforma	Quantidade e de Plugins	Opção de Gratuidade	Conhecimento necessário de programação	Facilidade de uso	Qualidade dos vídeos postados	Quantidade de Templates
Weebly	Médio	Sim	Baixo	Fácil	Baixa	Alta
Blog.com	Médio	Sim	Baixo	Fácil	Média	Baixa
Edublogs	Alto	Sim	Baixo	Médio	Alta	Alto
Twitter	Baixo	Sim	Baixo	Fácil	Não	Baixo
Instagram	Baixo	Sim	Baixo	Fácil	Não	Baixo
Joomla!	Baixo	Sim	Avançado	Médio	Alta	Alta
UOL Blog	Baixo	Sim	Baixo	Fácil	Baixa	Baixo
Hubpages	Baixo	Sim	Avançado	Difícil	Média	Média
Tumblr	Baixo	Sim	Baixo	Fácil	Média	Baixo
Blogger	Baixo	Sim	Baixo	Fácil	Baixa	Baixo
Livejournal	Baixo	Sim	Baixo	Fácil	Alta	Baixo
Wordpress	Alto	Sim	Avançado	Difícil	Alta	Alto

Fonte: O autor.

A plataforma *Edublogs* foi escolhida para a construção do *blog fisicanimada.edublogs.org*, entre os motivos desta escolha está a sua facilidade de uso, é uma plataforma voltada para o ensino em sua essência, facilidade de postagem de

informações e manutenção, por fim, ele é gratuito em sua versão básica, e, mesmo na versão grátis é possível usar as ferramentas mais importantes e necessárias para as postagem e configurações. O objetivo do blog fisicanimada.edublogs.com é o de disponibilizar tutoriais para trabalhar com programa de vídeo análise nas aulas de Física, simuladores *applets*, planos de aula inovadores, vídeos relevantes para o ensino de Física, demonstrações de experimentos que envolvem conceitos físicos, etc. Para que qualquer outro professor que queira inovar e enriquecer suas aulas tenha a oportunidade de usar os dados postados de maneira direta.

2.3 O produto educacional

O produto educacional consiste de um caderno técnico voltado para professores e alunos. Foi confeccionado com o intuito de mostrar as funcionalidades do programa *Tracker* para facilitar o ensino de Física, mais especificamente para o ensino do conteúdo estruturante Movimentos. A ideia da construção deste caderno técnico sobre o uso do programa *Tracker* no ensino, têm sua origem nas dificuldades no uso das tecnologias atuais em sala de aula, estas dificuldades são enfrentadas pelos professores de Ciências em geral, se concentrando em como inserir as tecnologias existentes atualmente em suas aulas de maneira a proporcionar a melhoria do processo de ensino aprendizagem.

Neste caderno encontra-se um passo-a-passo minucioso e ilustrado de todas as etapas necessárias para colocar o programa em funcionamento, aprender suas funcionalidades e possibilidades e, por fim, exemplos ilustrados de como usá-lo nas aulas de Física para ensinar os mais diversos conceitos necessários para compreender o conteúdo Movimentos.

Um forte fator de resistência ao processo de inovação educacional no ensino de Ciências, mais específico ainda no ensino de Física, são os poucos conhecimentos dos educadores sobre as novas tecnologias e as suas capacidades, além da sua abrangência. Este caderno técnico foi pensado e escrito passo a passo buscando desmistificar e elucidar o uso de programas no ensino de Física, mais especificamente, o programa para a análise de movimentos, chamado *Tracker*.

O entendimento de que as novas tecnologias podem criar novos espaços de conhecimento, novos modelos de atividades, dinâmicas diferenciadas, aulas em espaços distintos dos tradicionais, conteúdos trabalhados de forma eficaz, são aspectos a serem considerados pelos professores. O ensino conduzido dessa forma apresenta-se muito mais interessante tanto para o aluno, que aprende, como para o professor que ensina e sente-se motivado a pensar formas diferenciadas de trabalhar os conteúdos e atividades, tornando a aprendizagem mais significativa. Eis uma oportunidade nova de aprendizagem para os alunos que, em sua imensa maioria são desmotivados e acostumados com as práticas tradicionais, não tendo mais interesse pelo que a escola oferece.

Capítulo 3 – Implementação das atividades

O presente capítulo caracteriza o grupo de alunos e o local em que a proposta foi aplicada, recorrendo a maneira que ocorreu a implementação da proposta através de um relato geral das aulas e dos fatos que as acompanharam.

3.1 Caracterização da proposta

O desenvolvimento do projeto ocorreu no Colégio Estadual Francisco Ramos, situado na Av. Diogo Manoel de Almeida, na cidade de Guamiranga, Paraná. Nos meses de agosto, setembro e outubro de 2015. As atividades foram executadas em uma turma de primeira série do ensino médio matutino, totalizando dez aulas para a execução do projeto. Dentre os 26 alunos participantes, tinham 17 meninas e 9 meninos, com idade variando entre 14 e 16 anos. Para ser mais específico, eram 10 alunos com idade de 14 anos, 13 alunos com idade de 15 anos e 3 alunos com idade de 16 anos.

Inicialmente, foi ministrada uma aula introdutória, para informar aos alunos o funcionamento da metodologia de ensino empregada, os assuntos a serem estudados e detalhes importantes para a execução das atividades propostas. Nesta aula inicial foi mostrado o funcionamento do programa *Tracker* e os alunos foram divididos em cinco grupos, com média de cinco integrantes.

A proposta executada determinava que cada grupo produzisse dois pequenos vídeos de situações do cotidiano em que existe movimento, com o auxílio de seus celulares, e que posteriormente os enviassem para o professor, por *Bluetooth*, *whatsapp*, rede social, e-mail, etc., para que fossem utilizados na aula seguinte.

As aulas seguintes aconteceram no laboratório de informática do colégio, onde o programa *Tracker* estava previamente instalado nos computadores, permitindo-se assim que os alunos analisem os seus vídeos a fim de compreender os conceitos de velocidade, aceleração, referencial, trajetória, movimento oblíquo e a associação da parte matemática com os aspectos da Física. Ao final da análise de cada vídeo os alunos deveriam copiar os dados encontrados em uma única folha para apresentação aos

colegas no formato de slide e enviar esta apresentação de slide para o e-mail do professor.

Também deveria ser desenvolvida a mesma análise para um experimento construído pelos grupos de alunos. O experimento sugerido será foi a construção de um foguete impulsionado por ar comprimido, o que contemplava a compreensão dos conceitos físicos envolvidos em seu funcionamento e que estão relacionados ao lançamento oblíquo de projéteis.

Como método avaliativo foram consideradas as análises dos vídeos feitas pelos grupos e a produção de um mapa conceitual sobre os assuntos estudados e sua correlação com a realidade vivenciada pelos educandos, levando em consideração tudo o que eles aprenderam e observaram no desenvolvimento das aulas proporcionadas pela execução dessa proposta. O projeto foi finalizado com a aplicação de um questionário para validação da eficiência da metodologia de ensino utilizada ao que seguiu-se a análise dos resultados obtidos a partir do questionário.

3.2 Implementação da proposta

3.2.1 Relato das atividades desenvolvidas

Previamente a explicação da proposta procedeu-se um pré-teste, com cinco alunos escolhidos aleatoriamente nas turmas de primeira série do mesmo colégio de modo a se avaliar a exequibilidade da proposta para o que se fez uma análise com relação ao tempo de execução, da disponibilidade e funcionalidade dos recursos tecnológicos necessários e da aptidão dos estudantes para o trabalho com recursos tecnológicos. O pré-teste indicou a viabilidade da metodologia e também permitiu identificar quais ajustes seriam necessários para a maior efetividade do processo metodológico proposto.

Outro fato importante de análise prévia diz respeito ao laboratório de informática do colégio, que se encontrava em perfeitas condições de uso, sendo todo revisado pelo técnico em informática do Núcleo de Educação da região e tendo todos os programas necessários para a execução da proposta, estando o aplicativo *Tracker* previamente instalados.

Em relação à informática e os meios de comunicação atuais, nas cidades pequenas e localidades mais afastadas de regiões centrais, é comum lugares sem acesso a esses meios. Tal fato dificultou um pouco a comunicação e envio das atividades dos alunos para o e-mail do professor ou para o *Googlegroups* criado para a turma, e que foi o ambiente virtual utilizado pela proposta metodológica aqui relatada. Esta dificuldade foi contornada com o auxílio de alguns alunos do grupo, especialmente para sanar a falta de conhecimento com a informática apresentada inicialmente.

Depois da aula inicial, com as devidas informações essenciais passadas aos alunos, foi aplicado um pequeno questionário pré-teste para cada grupo responder. O questionário está presente no apêndice A. A finalidade do questionário foi de coletar informações acerca das ideias que os alunos já traziam consigo, em sua cognição, acerca do movimento dos corpos. Assim, as aulas posteriores poderiam ser melhor direcionadas para modificar e melhorar as pré concepções iniciais acerca do assunto que seria estudado.

As aulas introdutórias sobre cada assunto foram feitas utilizando apresentações em *Prezi* com os mesmos conteúdos existentes no material do aluno, que se encontram nos apêndices de E a F do presente trabalho. Os planos das aulas ministradas encontram-se nos apêndices C e D. As apresentações *Prezi* podem ser obtidas através dos links na sequência: <http://goo.gl/lyptDi> que contém as aulas iniciais sobre os assuntos tratados e <http://goo.gl/4T5ZtF> onde encontram-se as informações sobre a construção do foguete.

A ideia de pedir aos alunos que filmassem vídeos de situações do cotidiano e enviassem para o professor selecioná-los para que fossem utilizados na aula seguinte, para serem analisados com o programa *Tracker*, ficou como uma atividade extra, que apenas dois dos 5 grupos realizaram. Ela não se mostrou efetiva para o aprendizado devido às dificuldades de comunicação entre os integrantes do grupo, falta de acesso à internet por parte dos alunos e dificuldades iniciais com a informática e com o programa *Tracker* e também pelo desconhecimento da Física envolvida e encontrada na análise dos vídeos.

Pelas razões acima mencionadas, esta parte da atividade foi deixada para o fim, como algo extra. Como apenas dois grupos realizaram esta tarefa elas não serão citadas, nem levadas em consideração na análise dos resultados deste trabalho.

As atividades efetivas, refletidas e adaptadas no decorrer das aulas, foram as de construir mais três experimentos que caracterizassem o movimento uniforme, o

movimento acelerado e o movimento oblíquo, além do experimento da construção e filmagem do lançamento de foguetes de ar comprimido. Para o movimento uniforme, por sugestão dos próprios alunos, que pesquisaram sobre experimentos demonstrativos do movimento uniforme, foi construída uma montagem simples, para a qual é necessário apenas um pouco de detergente, um objeto que tenha densidade maior que a densidade do detergente e uma proveta graduada. Deixando o objeto cair dentro da proveta, completamente preenchida com detergente, seu movimento foi filmado para posterior análise no programa *Tracker*. Na figura 2 está a foto do experimento.

Figura 2 – Experimento usado para simular o movimento uniforme.



Fonte: O autor.

Para simular o movimento acelerado, foi feito um canhão de papelão, que usa uma bola de borracha como projétil e como combustível é usado qualquer spray antitranspirante. A ignição é dada por um acendedor de fogão, do tipo starter, facilmente encontrado em qualquer loja de utilidades.

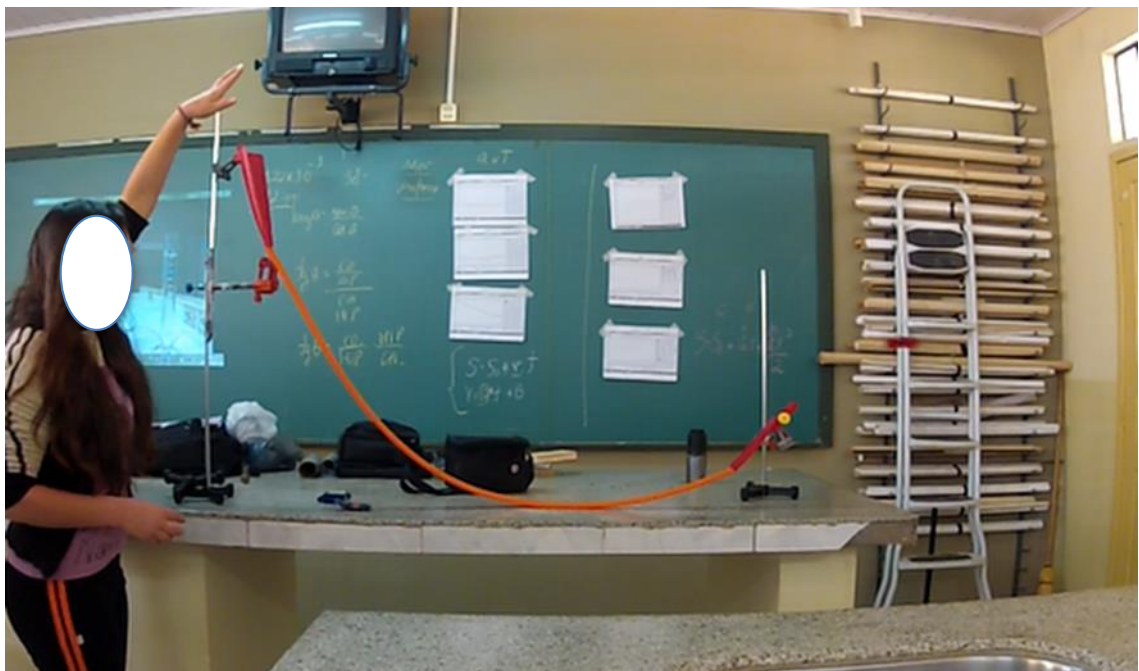
Figura 3 – Experimento chamado canhão de papelão. Filmagem feita na casa de um dos alunos integrante do grupo 01, demonstrando o movimento acelerado.



Fonte: Grupo 01.

O movimento oblíquo foi testado experimentalmente através da construção de uma rampa, para lançar carrinhos de brinquedo. Novamente, os saltos foram filmados e analisados com o programa *Tracker*.

Figura 4 – Movimento oblíquo com carrinho de brinquedo saltando a rampa.



Fonte: O autor.

Todos os experimentos foram construídos e filmados pelos alunos para utilizá-los com o programa *Tracker*, analisando-os de acordo com um pequeno guia rápido para uso do *Tracker*, na análise de movimentos dos corpos filmados. Este guia, para análise do movimento uniforme, acelerado e oblíquo está presente no apêndice B.

A atividade final consistiu-se da construção do foguete seguido de uma atividade livre, em que cada grupo procederia como lhe conviesse, para lançar, filmar e analisar o movimento do foguete utilizando o programa *Tracker*, de acordo com os conceitos Físicos que foram estudados nas aulas anteriores.

Nesta atividade, cada grupo também poderia utilizar qualquer funcionalidade do programa *Tracker* para caracterizar o movimento e descobrir as grandezas nele envolvidas. Um pequeno guia para esta atividade encontra-se no apêndice G, neste mesmo apêndice existe um tutorial passo a passo de como construir e usar um foguete movido a ar comprimido. Na figura 5 está a foto de um dos grupos executando a filmagem do lançamento do seu foguete.

Figura 5 – Lançamento do foguete sendo realizado pelo grupo 04.



Fonte: O autor.

Os gráficos obtidos com o programa *Tracker*, ao final da análise de cada vídeo dos experimentos construídos e filmados por cada grupo, foram utilizados como material avaliativo, servindo também, como diagnóstico do processo ensino aprendizagem que estava ocorrendo com cada grupo de alunos. Antes do questionário pós-teste, ainda foi feita a apresentação dos gráficos, por parte de cada grupo, para o restante da classe. Essa etapa foi seguida da discussão e interpretação, por todos os alunos, dos resultados que cada grupo apresentou.

Para finalizar a aplicação das aulas os alunos responderam o questionário pós-teste (ver apêndice A) e o questionário opinativo, que se encontra no apêndice H, sobre as aulas diferenciadas que participaram para construir o conhecimento acerca do conteúdo Movimentos. A análise dos dados obtidos encontra-se no capítulo 4, na seção de análise dos resultados e validação da proposta.

Capítulo 4 Resultados e discussões

4.1 Resultados

Devido à grande quantidade de dados coletados, só serão utilizadas as informações mais significativas de cada grupo, dados que se repetem entre os grupos ou não mostram relevância para a análise de resultados, sendo desconsiderados. Também, a fim de facilitar a organização dos resultados das atividades, eles serão identificados pelo número atribuído a cada grupo de alunos, de 01 a 05.

Os questionários pré-teste e pós-teste foram aplicados para coletar dados acerca do que os estudantes têm como concepção prévia da importância do estudo dos movimentos e sobre a matematização e uso de equações, que aparecem em grande quantidade neste assunto da Física. Embora seja indispensável ter habilidade matemática para compreender a Física, essa não é a única e, tampouco, uma se reduz a outra.

Assim, muitas vezes verifica-se que os alunos tiveram acesso, nos anos anteriores, a um ensino de Física excessivamente preso à matematização e à aplicação de fórmulas, mas sem, de fato, compreendê-las e perceber que as equações são apenas uma maneira elegante, e com boa aproximação da realidade, que o homem desenvolveu no intuito de entender como a natureza funciona. Para exemplificar podemos citar, as respostas do grupo 01 para as questões abordadas no pré-teste e que estão mostradas na figura 6.

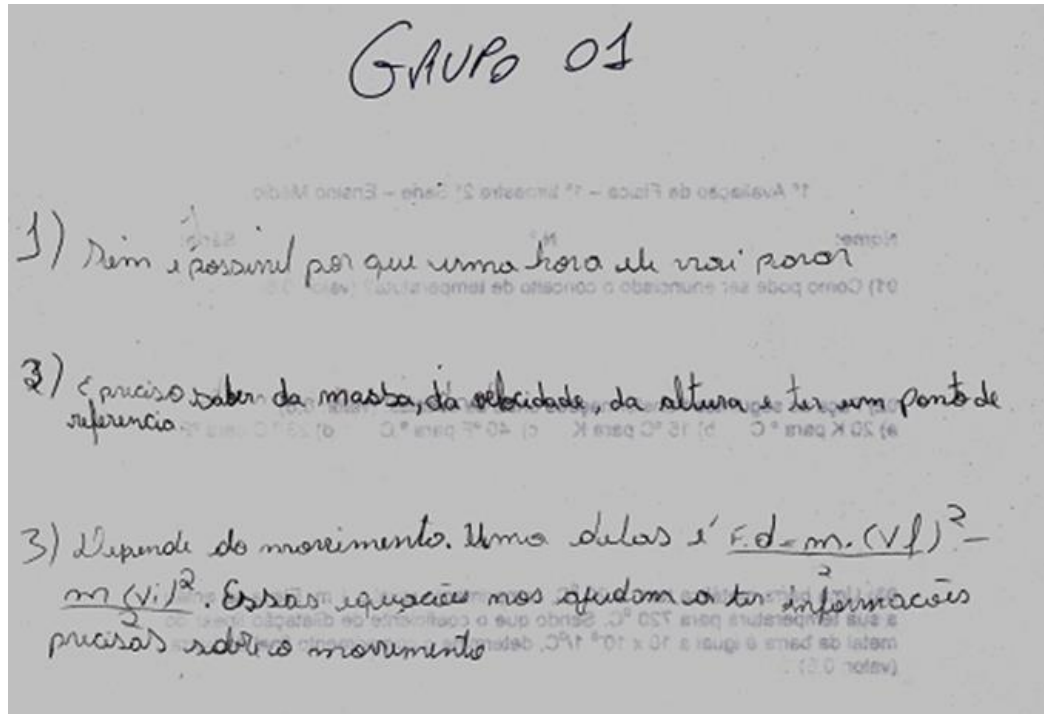
4.1.1 *Pré-teste e Pós-teste.*

Nesta atividade foram distribuídas folhas em branco para todos os grupos e as questões foram apresentadas oralmente, tendo apenas as respostas nas figuras 6 e 8. As questões apresentadas são as seguintes:

- 01) Ao ver um objeto em movimento é possível prever o que acontecerá com ele no futuro?
- 02) O que é necessário conhecer sobre este móvel para caracterizar o seu movimento?

- 03) É preciso ter equações que descrevam o movimento de um objeto para que seja possível adquirir informações sobre o seu movimento?

Figura 6 – Questões respondidas no pré-teste pelo grupo 01.



Fonte: O autor.

Na figura 7 estão apresentadas as respostas para o pós-teste, que ocorreu ao fim de todas as atividades propostas, que o mesmo grupo respondeu para as questões apresentadas na figura 6, mostrada anteriormente.

Figura 7 – Questionário pós-teste respondido pelo grupo 01 no final das atividades.

Número do grupo: 1 *mario, Bruno, Jromar, cliton*

Responda as questões abaixo:

01) Ao ver um objeto em movimento é possível prever o que acontecerá com ele no futuro?
Sim, podemos prever, pois fazendo a equação teremos resultados concretos e muitas vezes precisos.

02) O que é necessário conhecer sobre este móvel para caracterizar o seu movimento?
SUA POSIÇÃO E A FORÇA ATRIBUÍDA

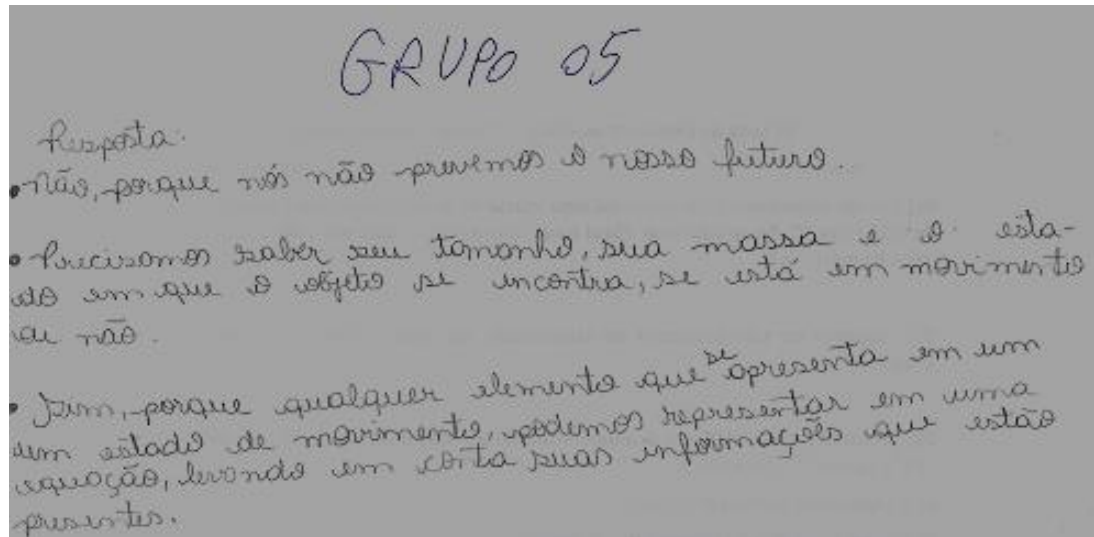
03) É preciso ter equações que descrevam o movimento de um objeto para que seja possível adquirir informações sobre o seu movimento?
Não, se analisarmos o vídeo com o programa Tracker, já podemos adquirir informações sobre o movimento do objeto.

Fonte: O autor.

A partir das Figuras 6 e 7 pode-se perceber um melhor entendimento da necessidade de utilizar a Matemática na Física, como também de uma melhor compreensão do porque a Física não é um conjunto fórmulas de matemática, mas sim a observação da natureza e a conceituação de grandezas que permitem descreve-la da melhor forma possível. Esse processo conduz ao entendimento dos princípios e leis da Física, que explicam os fenômenos na natureza.

As respostas para o questionário pré-teste e pós-teste respondidas pelo grupo 05 estão nas figuras 08 e 09, abaixo:

Figura 8 – Respostas do pré-teste do grupo 05.



Fonte: O autor.

Figura 9 – Pós-teste do grupo 05.

Número do grupo: 05

Responda as questões abaixo:

- 01) Ao ver um objeto em movimento é possível prever o que acontecerá com ele no futuro?

Sim, tendo todas as informações do objeto e do movimento, é possível, também obter as contas para saber o resultado relacionado com o movimento, a aceleração e a velocidade, descobrindo a distância percorrida, etc.

- 02) O que é necessário conhecer sobre este móvel para caracterizar o seu movimento?

Precisamos saber a posição em um que o objeto se encontra no decorrer do tempo. O deslocamento do objeto, a velocidade e também a aceleração.

- 03) É preciso ter equações que descrevam o movimento de um objeto para que seja possível adquirir informações sobre o seu movimento?

Sim, qualquer objeto que apresente um certo movimento terá uma equação, mas para isso precisa saber o modo como fazer as equações, assim saberemos a altura e qualquer outra informação.

Fonte: O autor.

As repostas dos questionários no início e fim das atividades demonstram que os alunos melhoraram sua compreensão em relação às grandezas envolvidas no estudo do assunto movimento, tais como a velocidade, aceleração, posição com o passar do tempo. No comentário em relação as equações do movimento, os alunos reconhecem sua importância e é perceptível que passaram a ver a Física não mais como uma extensão da matemática com a resolução de cálculos sem sentido, como pode ser observado, durante as aulas e por meio do relato de um dos integrantes do grupo: “Não consigo entender pra que serve este monte de letras misturadas que a gente usa pra fazer contas” (sic).

Após as aulas, observou-se uma melhora significativa do entendimento dos conceitos envolvidos no estudo dos movimentos e do entendimento de que as equações

e os símbolos das grandezas envolvidas, são uma maneira de explicitar os conceitos aprendidos por meio dos experimentos em associação ao uso do programa *Tracker*.

Os grupos 02, 03 e 04 deram respostas para os questionários pré-teste e pós-teste que não diferiram consideravelmente do que já foi mostrado e comentado para os grupos 01 e 05.

4.1.2 Filmagem.

Em relação aos experimentos e filmagens analisadas com o programa *Tracker*, serão comentadas a seguir as atividades mais pertinentes que cada grupo realizou, para avaliar a evolução na aprendizagem obtida no decorrer das aulas.

Os gráficos obtidos com o *Tracker*, através da análise dos vídeos filmados pelo Grupo 03 serão utilizados como base para a avaliação. Os gráficos obtidos pelos outros grupos que apresentaram resultados e conclusões semelhantes aos que são consideradas em nossa avaliação. Porém, não deixaremos de apresentar os gráficos dos outros grupos que apresentaram algo significativo.

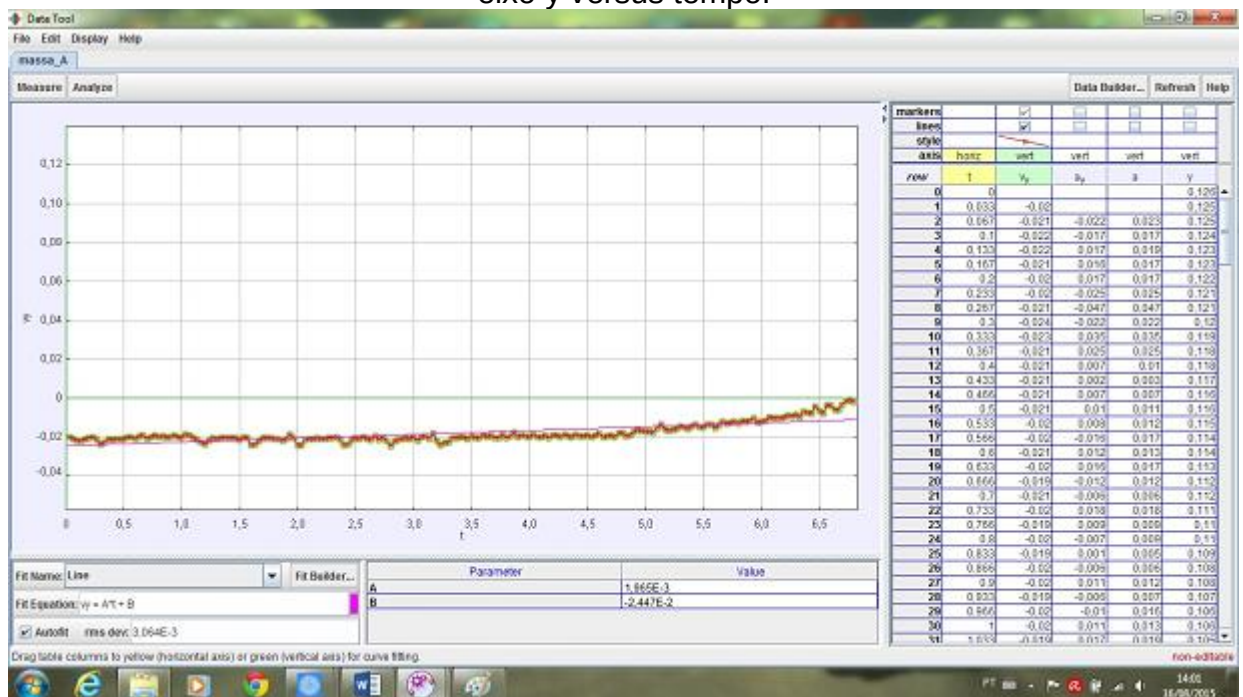
Para a atividade do movimento uniforme (ver figura 2) filmada e analisada pelo grupo 03 obteve-se os resultados ilustrados nas figuras 10,11 e 12.

Figura 10 - Experimento do movimento uniforme. Grupo 03 - Gráfico da posição no eixo y versus tempo.



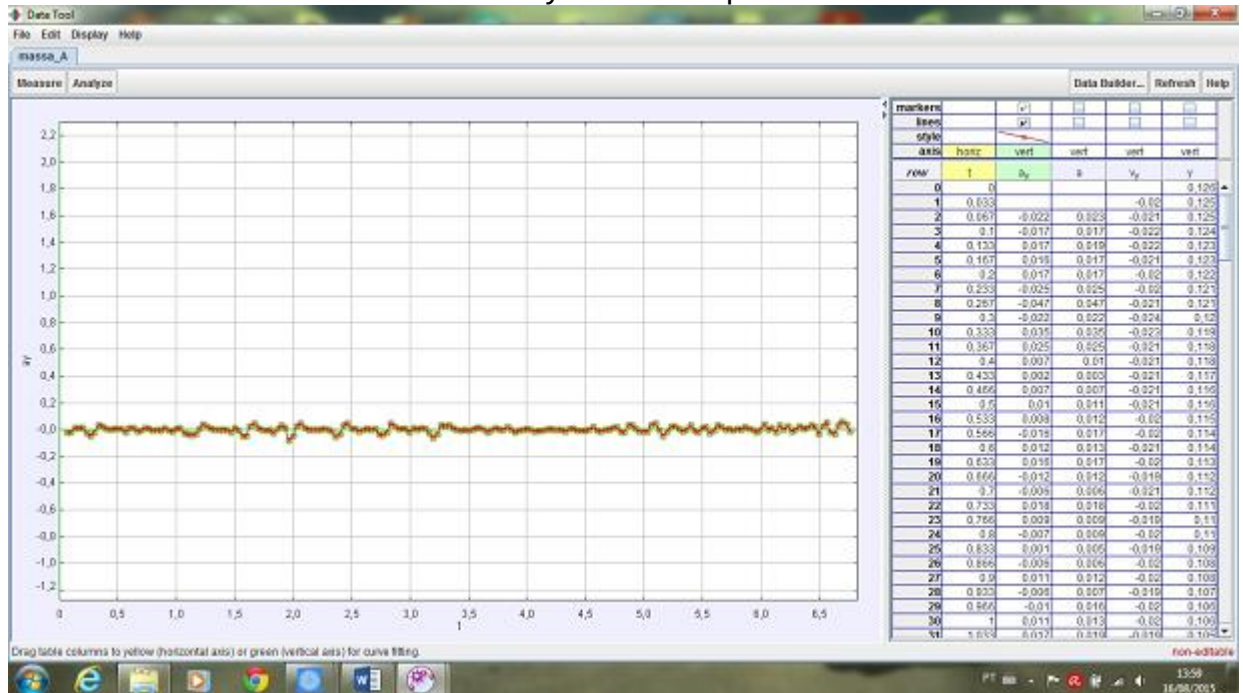
Fonte: O autor.

Figura 11 - Experimento do movimento uniforme. Grupo 03 - Gráfico da velocidade no eixo y versus tempo.



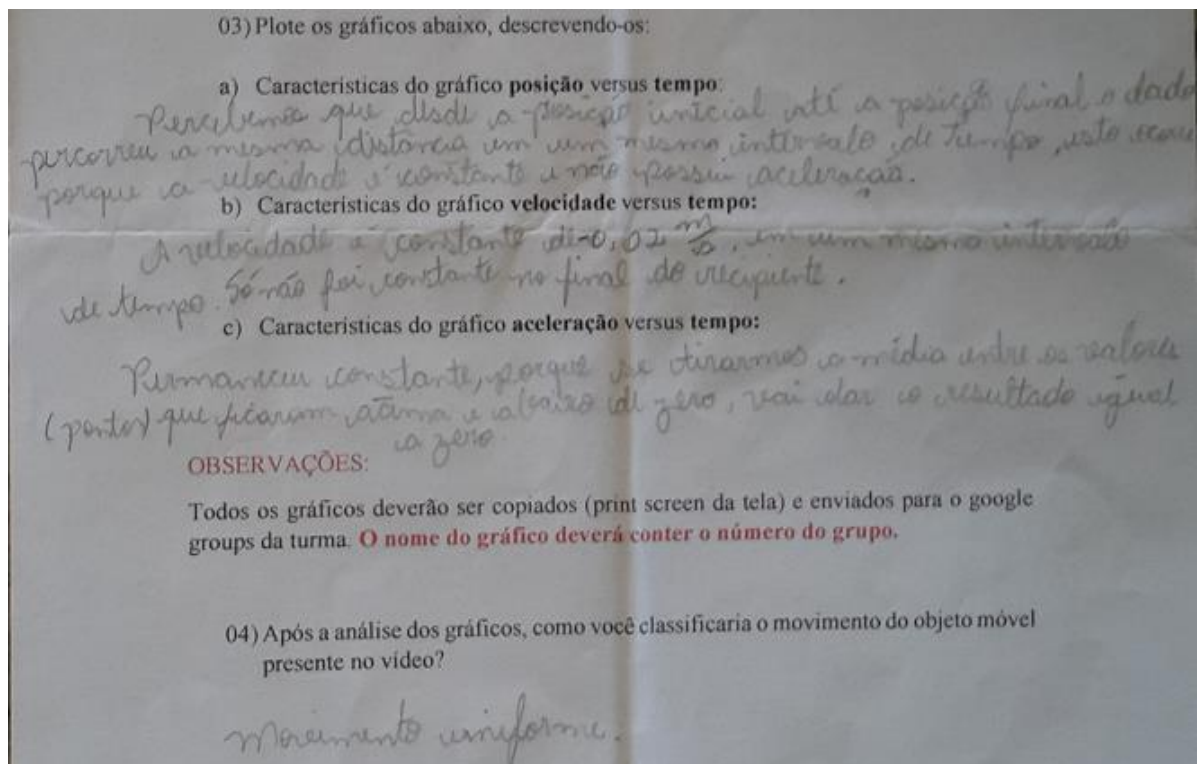
Fonte: O autor.

Figura 12 - Experimento do movimento uniforme. Grupo 03 - Gráfico da aceleração no eixo y versus tempo.



Fonte: O autor.

Figura 13 – Conclusões que os alunos do grupo 03 chegaram a respeito do experimento do movimento uniforme.

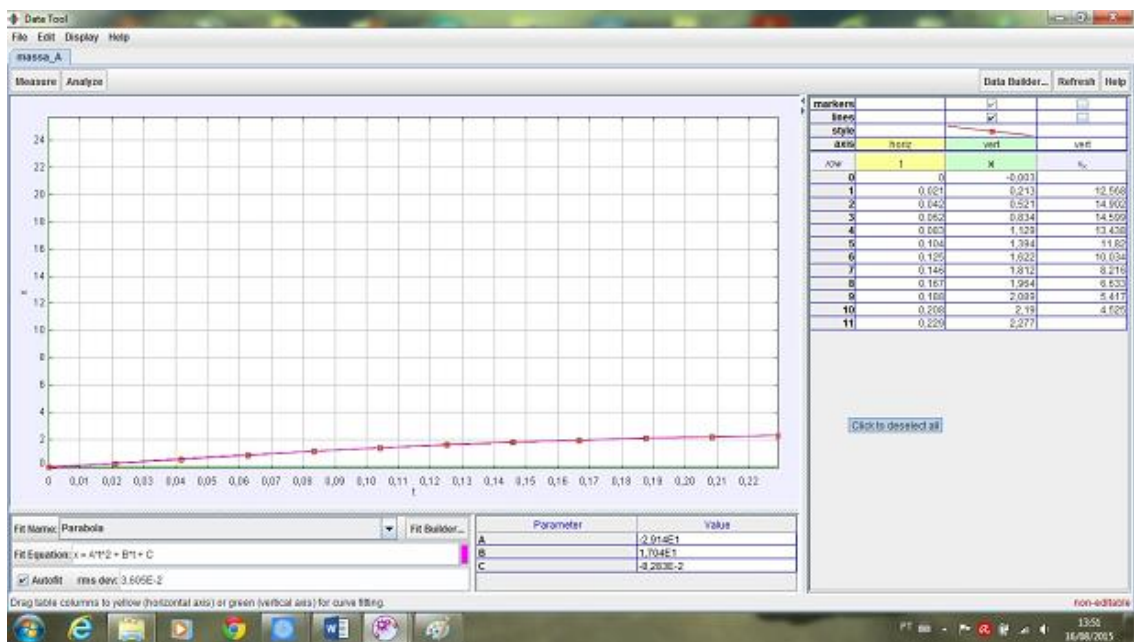


Fonte: O autor.

Os gráficos obtidos pelo grupo 03 para o experimento do movimento uniforme, após analisá-lo com o programa *Tracker*, mostraram um bom entendimento dos conceitos apresentados, conseguindo abstrair e retirar conclusões, chegando até ao valor da velocidade constante de queda do dado, citado por eles como sendo de 0,02 m/s, como ilustrado pela figura 13. Os outros grupos tiveram, para esta atividade, respostas semelhantes, ao grupo 03.

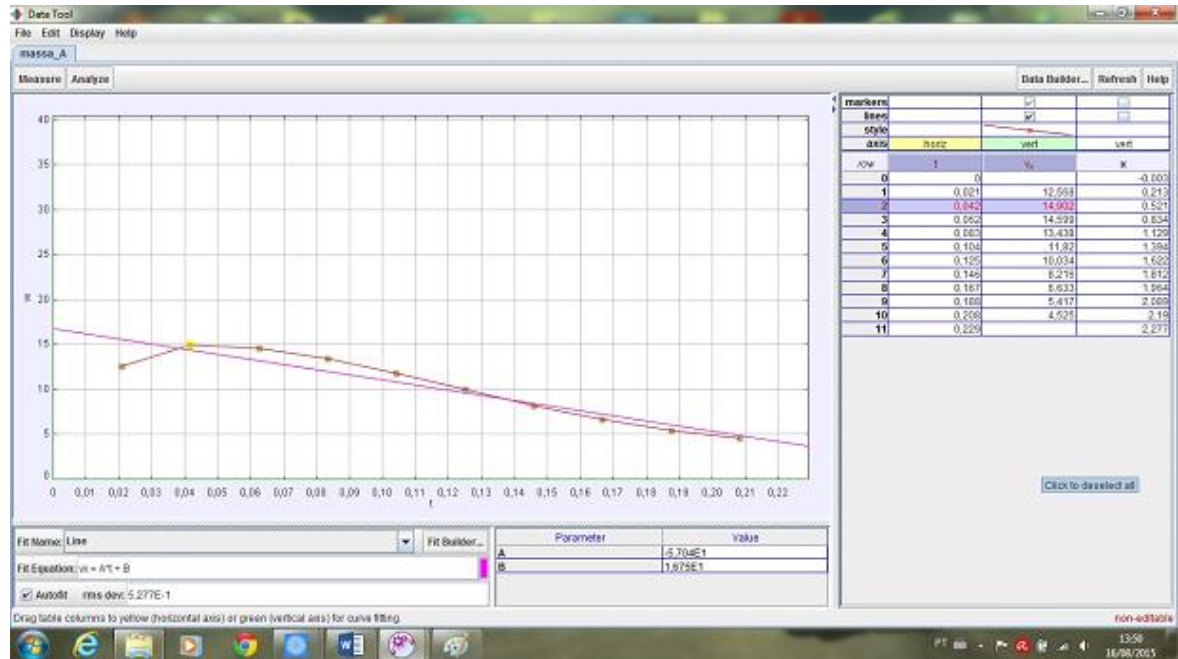
Na sequência foi executada a atividade envolvendo o experimento do movimento acelerado (ver figura 3), com gráficos mostrados nas figuras 14, 15 e 16.

Figura 14 - Experimento do movimento acelerado. Grupo 03 - Gráfico da posição no eixo x versus tempo.



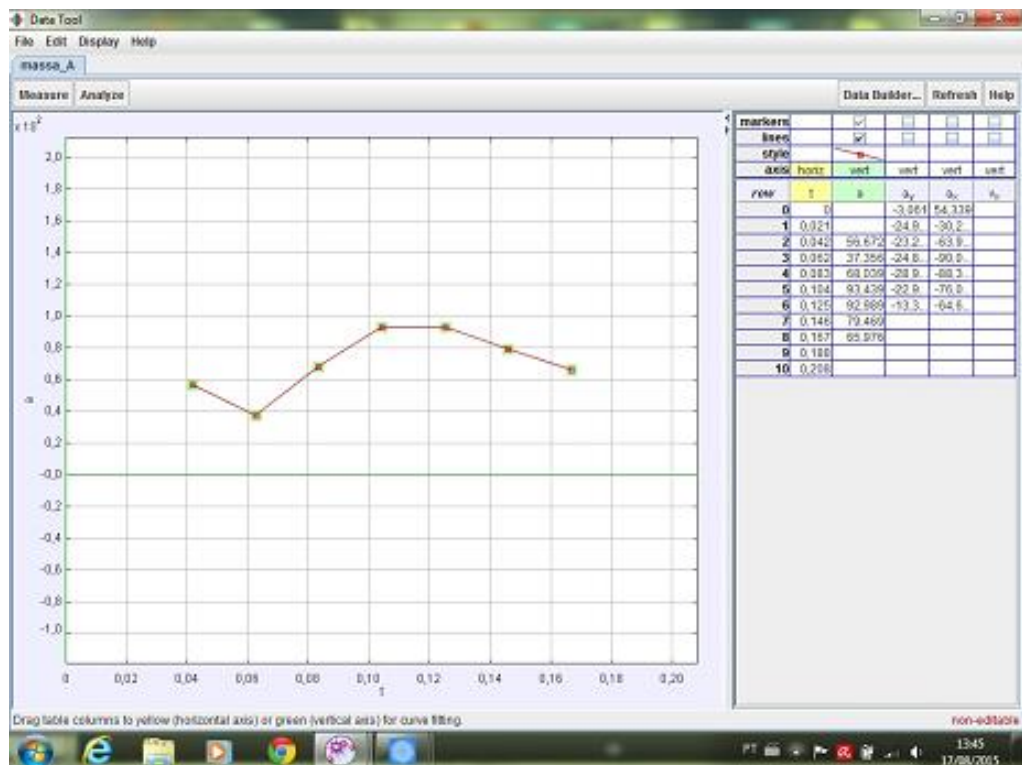
Fonte: O autor

Figura 15 - Experimento do movimento acelerado. Grupo 03 - Gráfico da velocidade no eixo x versus tempo.



Fonte: O autor

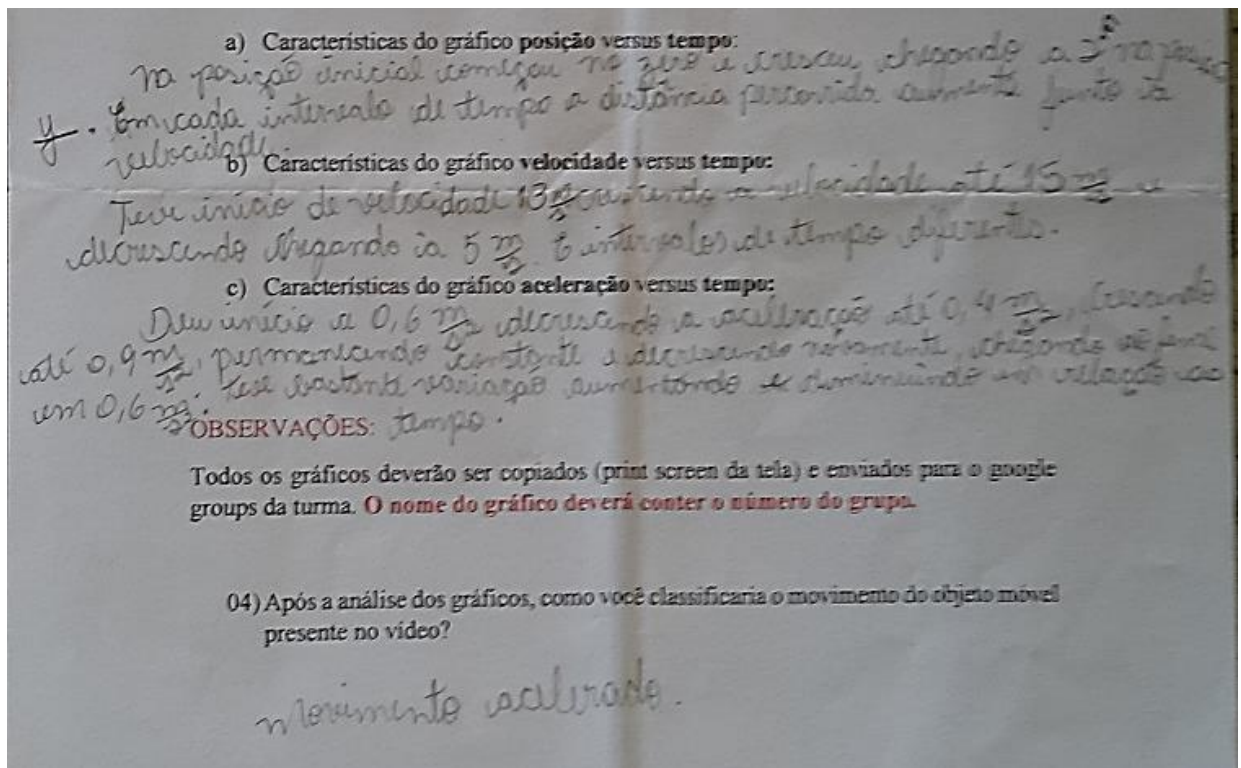
Figura 16 - Experimento do movimento acelerado. Grupo 03 - Gráfico da aceleração resultante versus tempo.



Fonte: O autor.

As conclusões que os alunos do grupo 03 chegaram acerca da análise do vídeo do movimento acelerado estão indicadas na figura 17 abaixo:

Figura 17 - Conclusões que os alunos do grupo 03 chegaram a respeito do experimento do movimento acelerado.

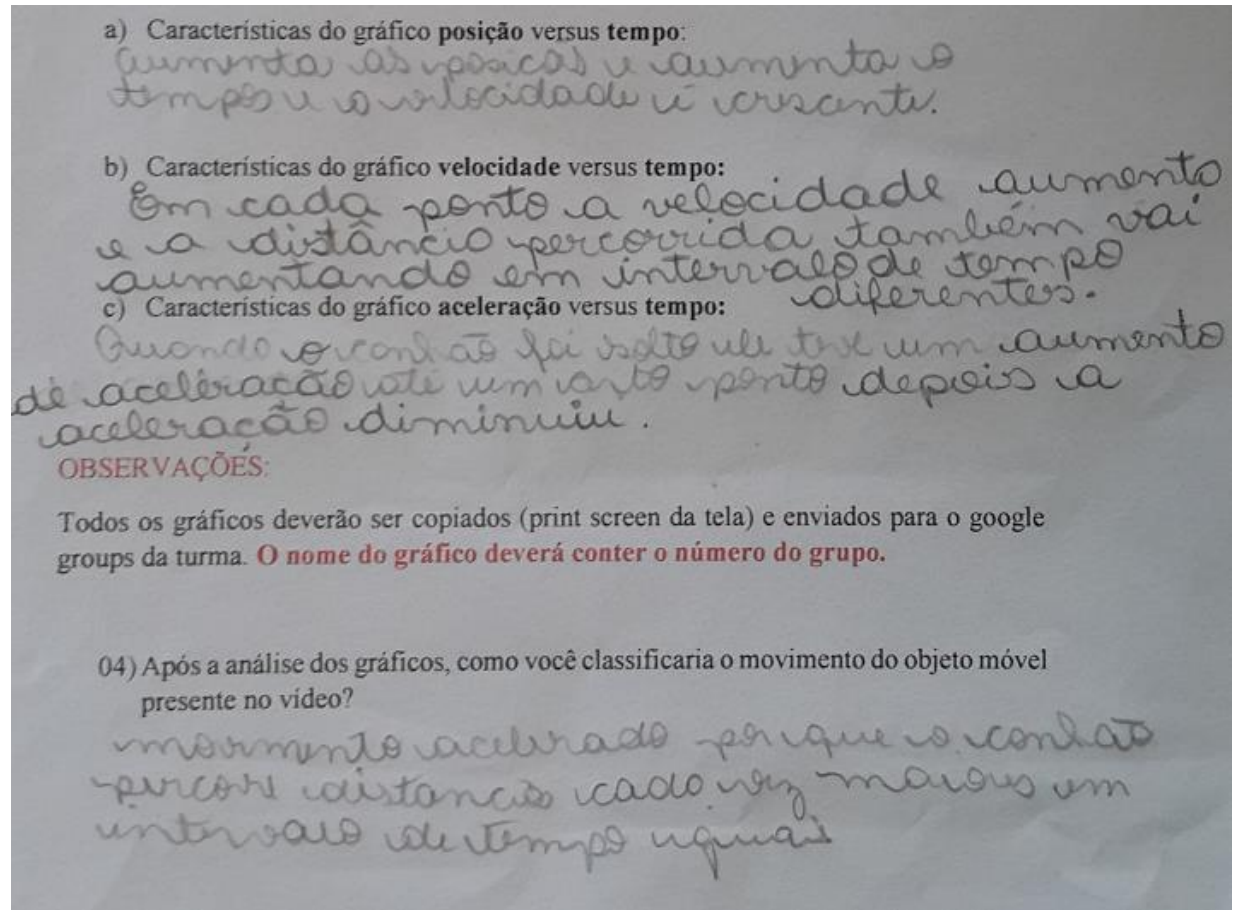


Fonte: O autor.

Também, nesta atividade, observou-se um bom entendimento dos conceitos que envolvem o movimento acelerado. Os alunos citam valores encontrados com o programa *Tracker*, como o valor da velocidade do objeto, que têm seu máximo em 15 m/s, e em relação a aceleração, percebem que a aceleração existe, mas não permanece constante no decorrer do movimento do objeto.

Em relação aos outros grupos, o grupo 04 optou por respostas descritivas, possivelmente por não conseguir compreender como os valores das grandezas analisadas apareciam no gráfico. Mesmo assim, suas conclusões não estão erradas. As respostas do grupo 04 para esta atividade estão na figura 18.

Figura 18 - Conclusões que os alunos do grupo 04 chegaram a respeito do experimento do movimento acelerado.

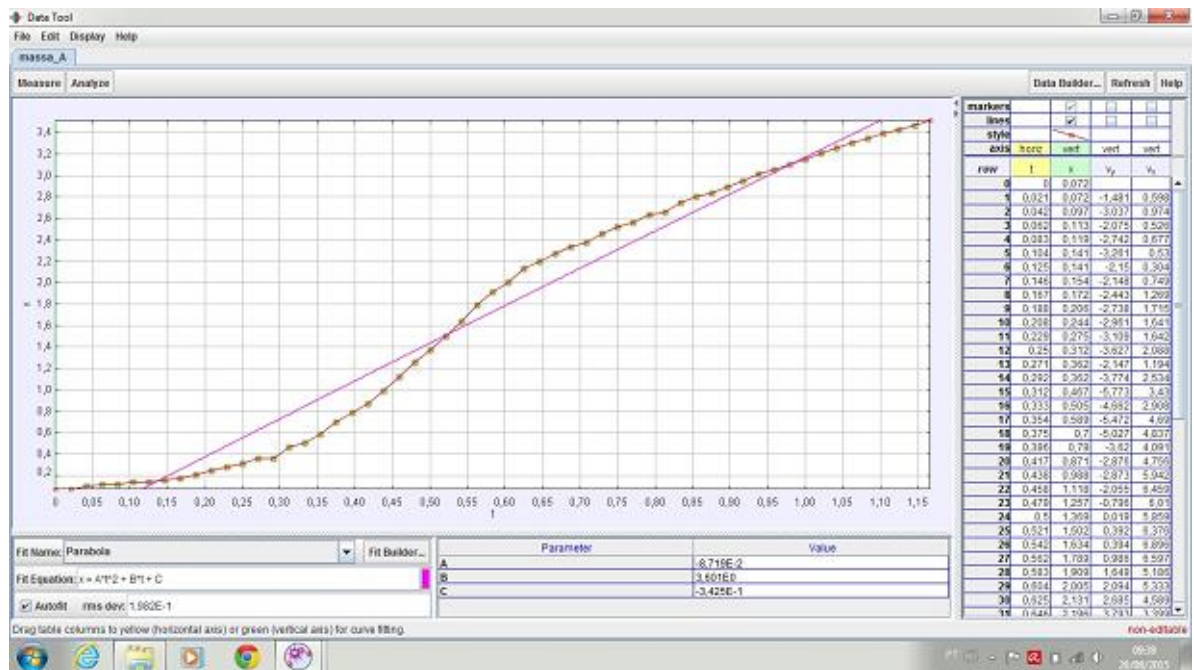


Fonte: O autor.

4.1.3 Movimento Oblíquo.

Por fim, em uma das aulas foi construído e filmado o experimento de lançamento oblíquo (ver figura 4). Os gráficos obtidos pelo grupo 03 estão nas figuras 19,20 e 21.

Figura 19 - Experimento do movimento oblíquo. Grupo 03 - Gráfico da posição no eixo x versus tempo.



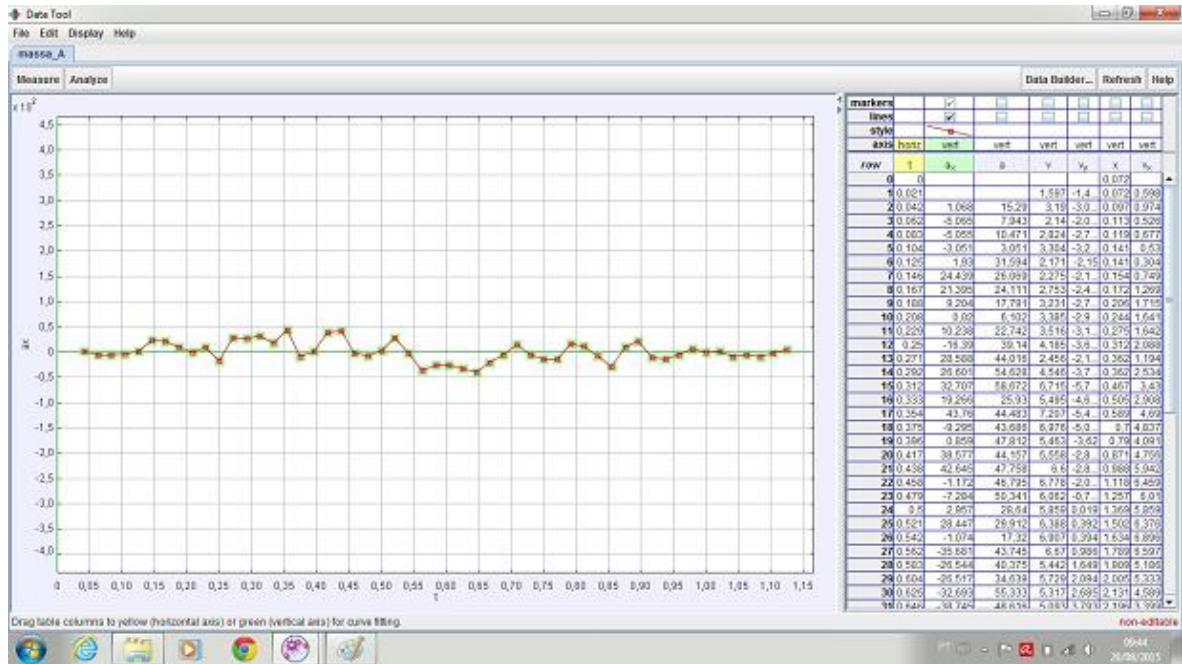
Fonte: O autor.

Figura 20 - Experimento do movimento oblíquo. Grupo 03 - Gráfico da velocidade resultante versus tempo.



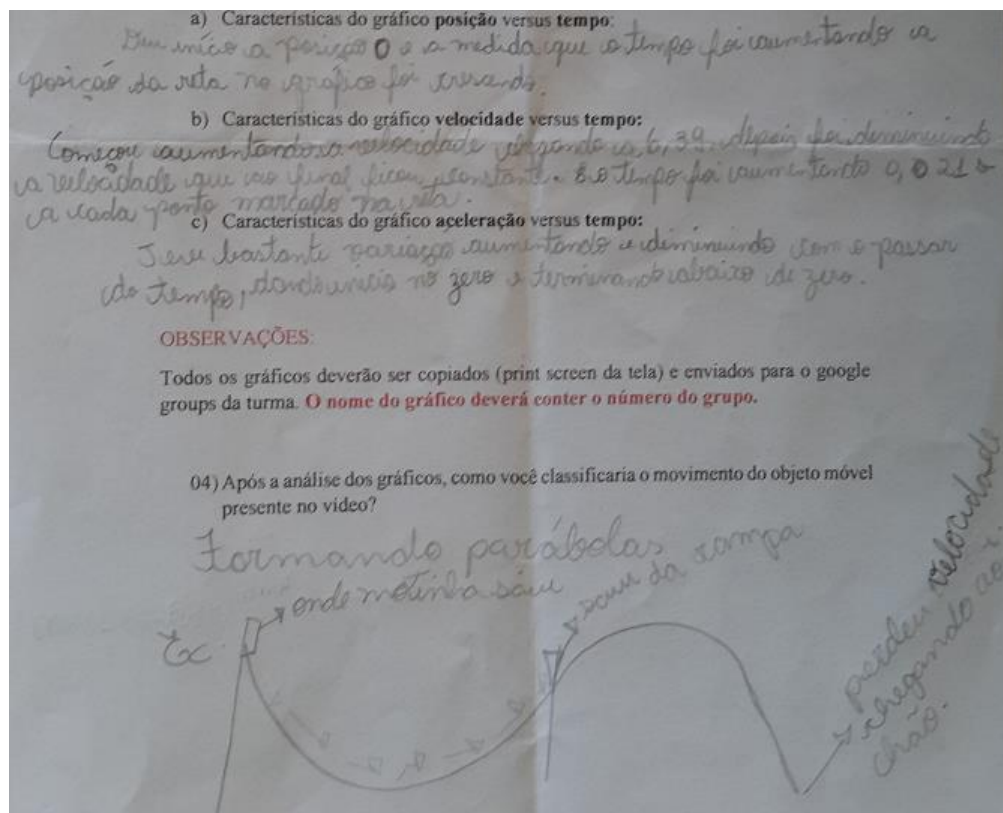
Fonte: O autor

Figura 21 - Experimento do movimento oblíquo. Grupo 03 - Gráfico da aceleração no eixo x versus tempo.



Fonte: O autor

Figura 22 - Conclusões que os alunos do grupo 03 chegaram a respeito do experimento do movimento oblíquo.



Fonte: O autor.

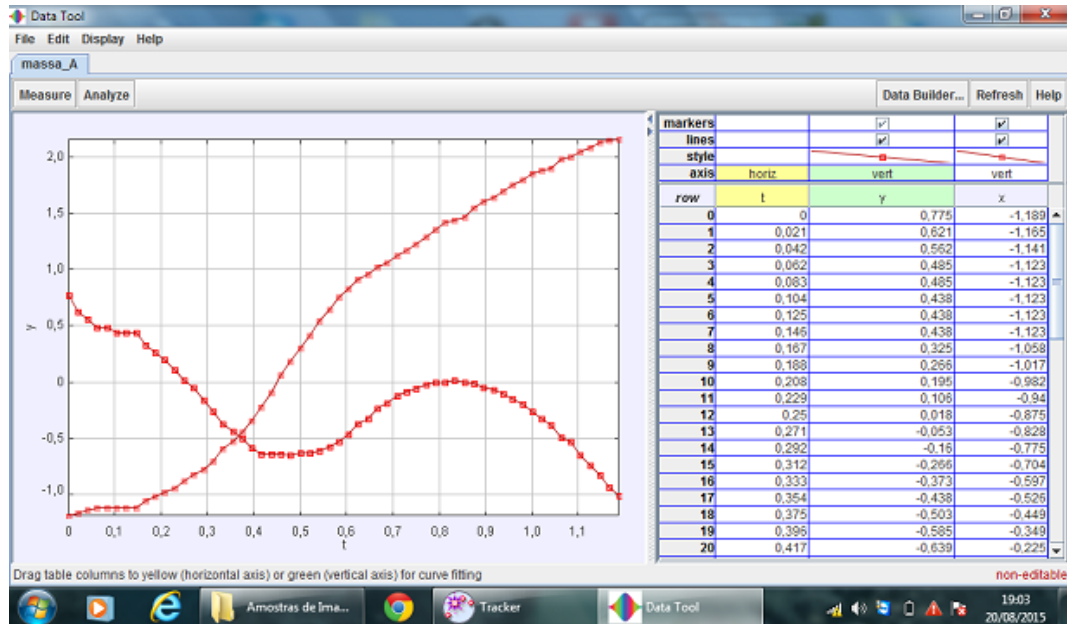
Neste caso, a grande dificuldade que os alunos encontraram foi trabalhar com os eixos de coordenadas interpretando-os de maneira correta. O objetivo principal desta atividade era que os alunos percebessem que existe aceleração no movimento e em que situações ela é nula.

Quando o grupo 03 analisou os gráficos do movimento, não chegaram a concluir que após o móvel saltar da rampa, a aceleração no eixo x não existe e o móvel passa a ter movimento uniforme neste eixo. Possivelmente por terem analisado a velocidade resultante e não entenderem completamente o gráfico da posição versus tempo, para esta atividade.

Na figura 19, a partir do tempo 0,60 s, que é o momento que o móvel deixa a rampa de lançamento, é possível ver que a reta formada indica movimento uniforme no eixo x. A análise da aceleração ficou um pouco prejudicada por existir uma variação de aceleração muito pequena no eixo x, mesmo assim, após o veículo saltar da rampa, pode-se perceber, que nos poucos momentos posteriores, ainda captados pelo *Tracker*, a aceleração se torna nula.

O grupo 01, ao analisar a posição do móvel com o tempo, conseguiu perceber que algo ocorria após o móvel deixar a rampa, e com o intuito de entender o que estava acontecendo, efetuou a sobreposição dos eixos x e y no gráfico abaixo, entretanto, não conseguiram explicar, para esta atividade, o comportamento das grandezas envolvidas na composição de movimentos do objeto filmado em relação aos dois eixos selecionados, como é perceptível nas suas respostas, indicadas nas figuras 23 e 24.

Figura 23 - Experimento do movimento oblíquo. Grupo 01 – Sobreposição do gráfico da posição em x versus tempo com a posição em y versus tempo.



Fonte: O autor.

Figura 24 - Conclusões que os alunos do grupo 01 chegaram a respeito do experimento do movimento oblíquo.

03) Plote os gráficos abaixo, descrevendo-os:

- Características do gráfico posição versus tempo:**
conforme a posição que o corpo ocupa ele ganha velocidade e percorre distâncias cada vez maiores em intervalos de tempos iguais
- Características do gráfico velocidade versus tempo:**
No início quando o objeto está parado a velocidade é zero e ao longo do tempo a velocidade que o corpo percorre as distâncias que ele percorre em intervalos de tempos iguais
- Características do gráfico aceleração versus tempo:**
O corpo no início tem pouca aceleração e sua velocidade não muda quando chega a certo ponto ganha velocidade rapidamente e percorre distâncias cada vez maiores em pouco tempo

OBSERVAÇÕES:

Todos os gráficos deverão ser copiados (print screen da tela) e enviados para o google groups da turma. **O nome do gráfico deverá conter o número do grupo.**

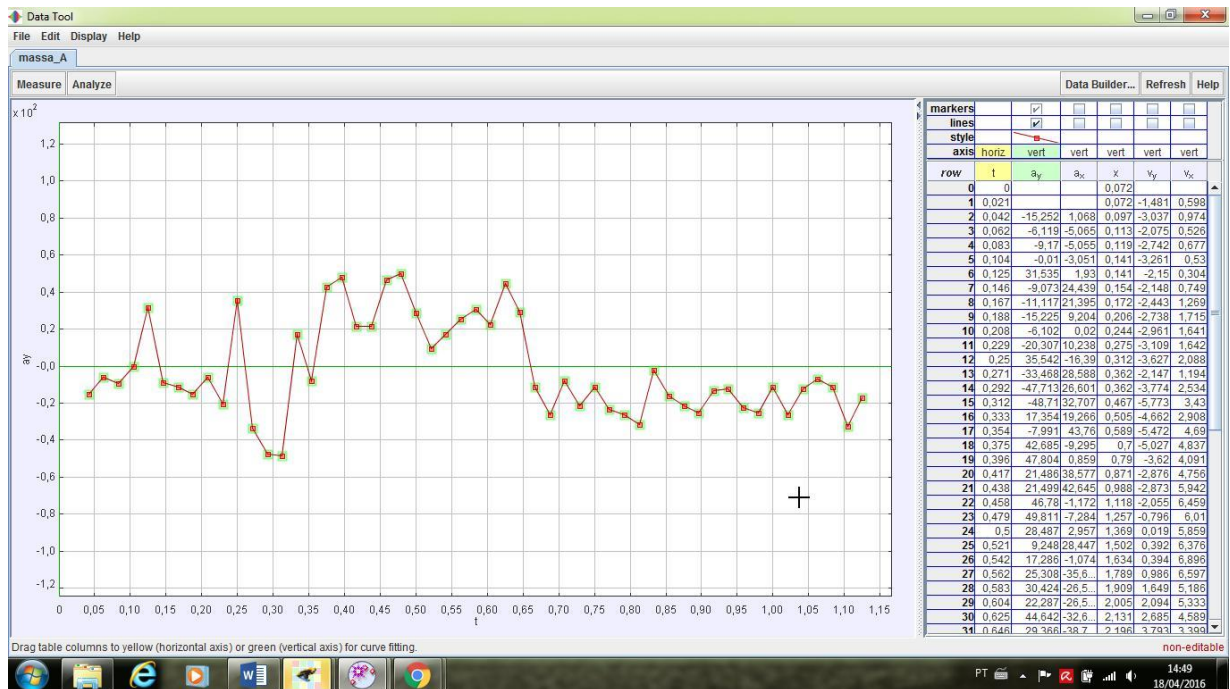
04) Após a análise dos gráficos, como você classificaria o movimento do objeto móvel presente no vídeo?

*movimento constante → movimento acelerado
 movimento constante*

Fonte: O autor.

O grupo 02 foi o que obteve o entendimento mais completo acerca do movimento em duas dimensões a partir da execução desta atividade. Analisaram a aceleração no eixo y e, mesmo os pontos marcados pelo *Tracker* terem variado muito devido ao baixo contraste no vídeo que estes alunos filmaram, eles conseguiram perceber que a aceleração no eixo y se torna constante após o veículo deixar a rampa, que ocorre em torno do tempo de 0,60 s, figura 25.

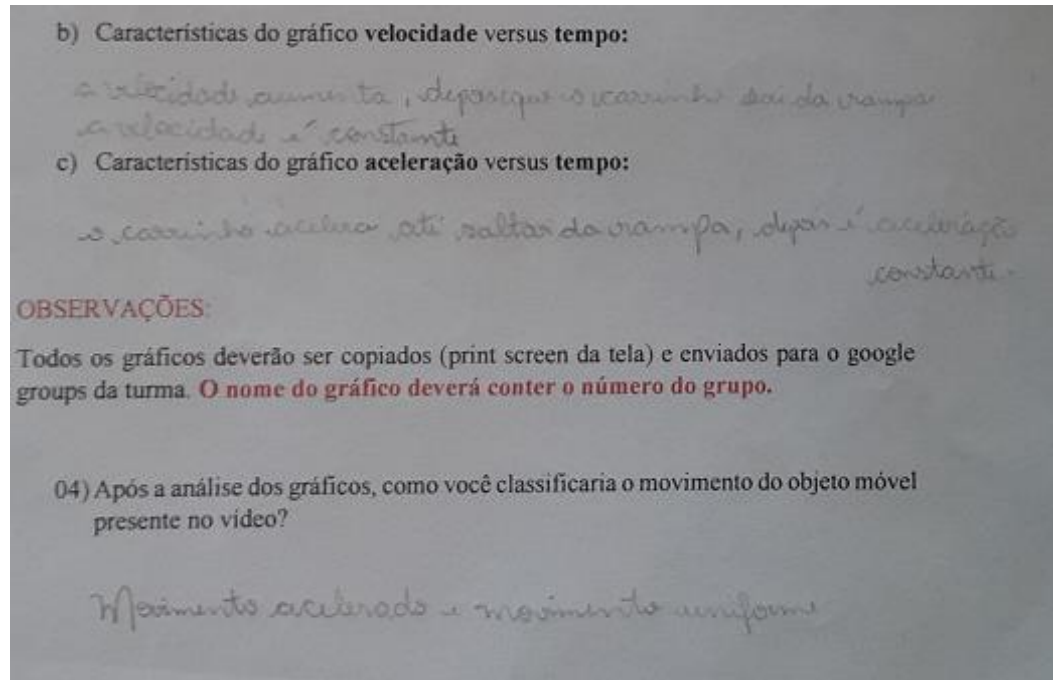
Figura 25 - Experimento do movimento oblíquo. Grupo 02 - Gráfico da aceleração no eixo y versus tempo.



Fonte: O autor.

Nas suas respostas, na figura 26, mesmo não tendo a informação em relação às coordenadas que eles estão analisando, é possível perceber o entendimento em relação à velocidade ser constante no eixo x após o móvel deixar a rampa.

Figura 26 - Conclusões que os alunos do grupo 02 chegaram a respeito do experimento do movimento oblíquo.



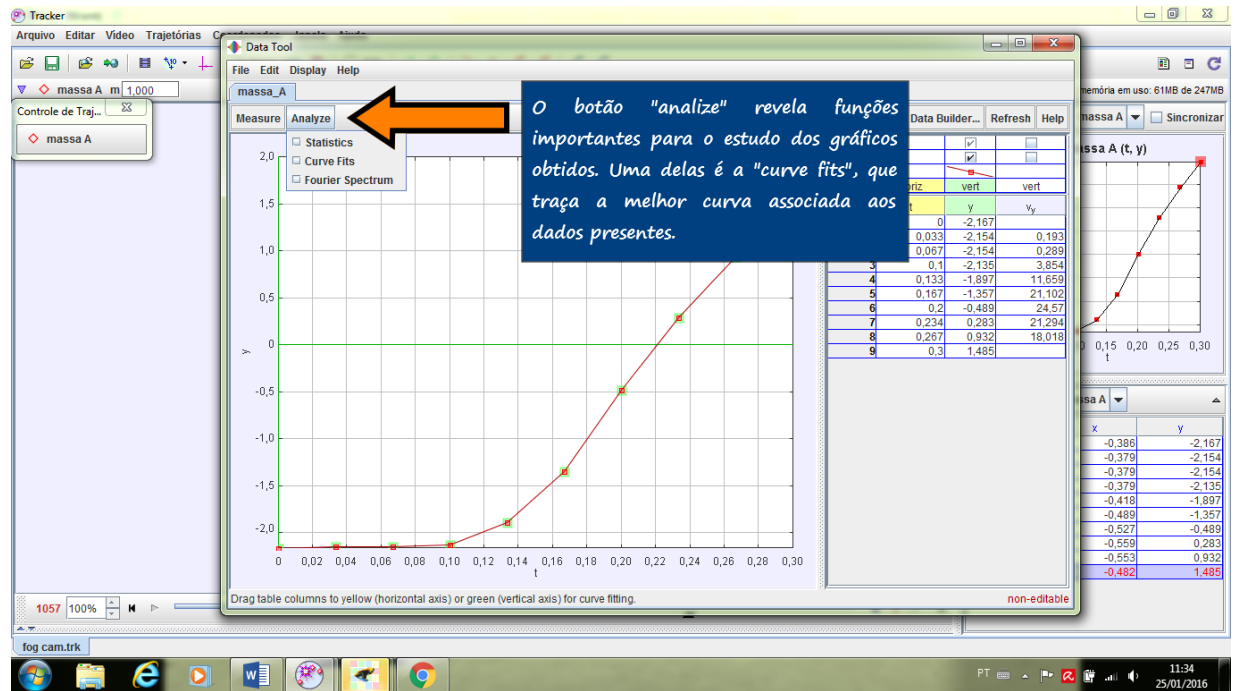
Fonte: O autor.

A atividade de construção, lançamento e filmagem dos foguetes (ver figura 5) foi feita na sequência. Como os alunos já estavam familiarizados com o programa *Tracker*, essa foi uma atividade em que os alunos tiveram a liberdade total para proceder e chegar até os dados importantes para a análise do movimento do foguete, executando a atividade usando os conhecimentos aprendidos até então. A mediação do Professor só acontecia em situações onde se mostrasse indispensável.

Nesta etapa também foi cobrado que os alunos obtivessem informações acerca da equação que descreve o movimento do objeto filmado diretamente do programa *Tracker*, usando, para isso, a função “análise” existente no programa. Esta função do programa analisa os pontos marcados e ajusta a melhor curva para eles, permitindo obter a equação que descreve o movimento do móvel em estudo.

Este comando, indicado na figura 27, possibilita ao aluno associar e entender as equações do movimento, pois o programa mostra no rodapé da janela equações do tipo $x = A \cdot t + B$ ou $x = A \cdot t^2 + B \cdot t + C$, dependendo do movimento e dos eixos x ou y escolhidos. Também é apresentada a média para os valores das constantes A , B , e C obtidas a partir de todos os valores que o programa adquiriu quando o vídeo do movimento de algum objeto é analisado.

Figura 27 - Função *analize* existente no programa *Tracker*.

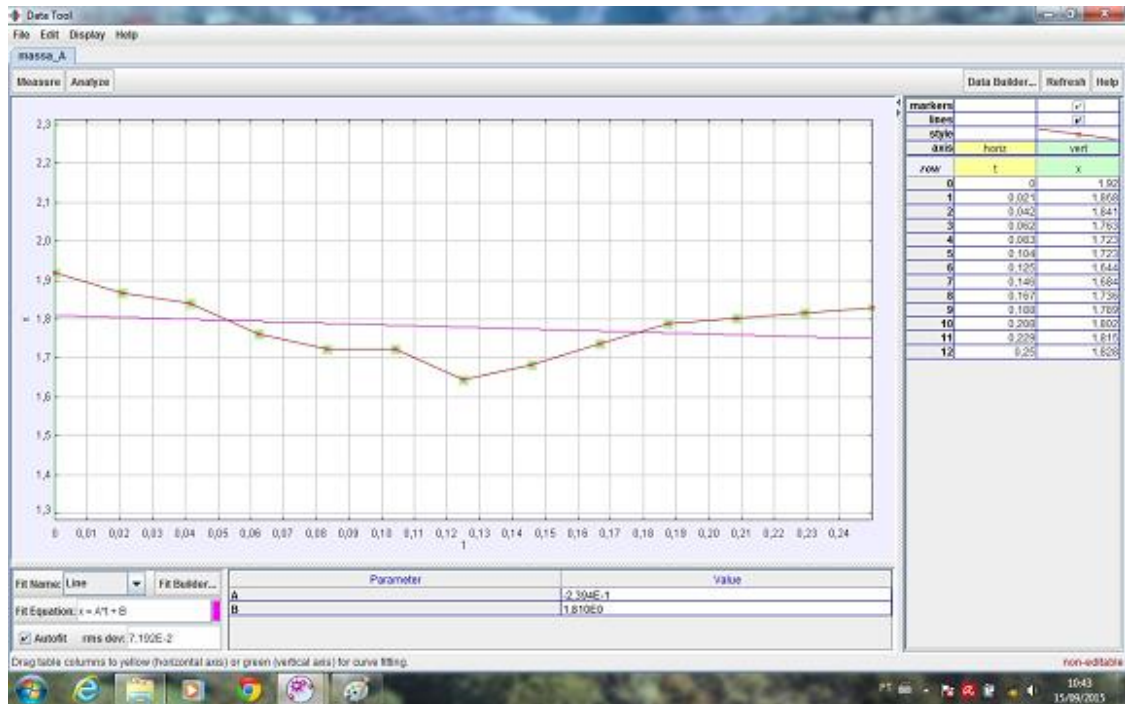


Fonte: O autor.

4.1.4 Foguetes.

Os experimentos do foguete mais relevantes, realizados por alguns dos grupos são apresentados na sequência. Nas figuras 28, 29 e 30 encontram-se os gráficos que o grupo 01 encontrou, analisando com o programa *Tracker* em um dos vídeos do foguete que lançou e gravou. As respostas para os questionamentos sobre o experimento do foguete são apresentados na figura 31.

Figura 28 – Experimento de construção e lançamento do foguete movido a ar comprimido. Grupo 01 - Gráfico da posição no eixo x versus tempo.

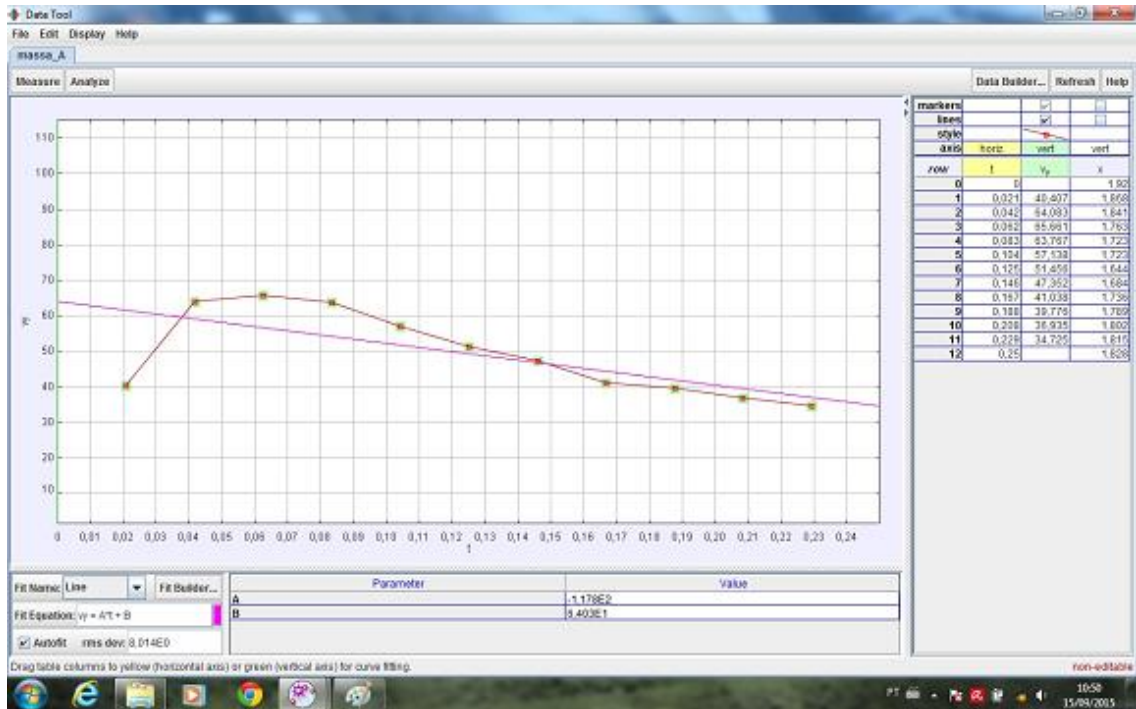


Fonte: O autor.

O grupo 01 analisou a posição no eixo x, a velocidade e aceleração no eixo y. O ideal era que eles também tivessem analisado as posições que o foguete ocupou com o passar do tempo no eixo y. Mesmo assim descreveram corretamente o movimento do foguete, apesar de apenas de maneira qualitativa. Conseguiram retirar valores dos gráficos quando necessário, como na parte das atividades que a altura máxima atingida pelo foguete foi calculada. Usaram o gráfico da velocidade no eixo y versus tempo para encontrar a equação do movimento $v_y = A*t + B$. A equação foi encontrada por meio da função *analize*.

A equação obtida foi $v_y = -112,8*t + 64$, tendo o foguete, a média de aceleração igual $a = -112,8 \text{ m/s}^2$ e velocidade inicial igual a $v_0 = 64 \text{ m/s}$. O grupo conseguiu usar as equações e entendeu a sua construção, fazendo uso corretamente do programa *Tracker*. Chegaram a resposta de que o seu foguete atingiu a altura de 17,38 m, o que é bastante plausível, pois, apesar de o foguete iniciar o movimento violentamente, ele perde velocidade muito rápido também.

Figura 29 – Experimento de construção e lançamento do foguete movido a ar comprimido. Grupo 01 - Gráfico da velocidade no eixo y versus tempo.



Fonte: O autor.

Figura 30 – Experimento de construção e lançamento do foguete movido a ar comprimido. Grupo 01 - Gráfico da aceleração no eixo y versus tempo.



Fonte: O autor.

Figura 31 – Respostas do grupo 01 para os questionários da atividade do foguete. Grupo 01.

a) Características do gráfico **posição versus tempo**:
 No início ele percorre posições maiores em menos tempo
 E no final a velocidade diminui.

b) Características do gráfico **velocidade versus tempo**:
 No início ele tem maior velocidade e com o tempo diminui
 depois ganha novamente quando cai

c) Características do gráfico **aceleração versus tempo**:
 Uma aceleração no início com tempo ele perde velocidade e
 para a volta, ganha aceleração novamente na queda.

06) Quais as conclusões que o seu grupo chegou em relação ao modelo matemático
 que é descrito através das equações abaixo?

No início ele tem uma aceleração muito lei de 636,411 e
 com o resfriamento do vento e outros fatores a aceleração cai para 25,976
 e no final fica em -108,233 e percorreu distâncias maiores no início
 e depois menores inicial $P_i = 1.888$ $P_F = 1.828$

Movimento uniforme:

$$a = 0 \frac{m}{s^2} \quad v = \text{constante} \quad S = S_0 + v_0 \cdot t$$

☒ Movimento uniformemente variado ou acelerado:

$$a = \text{constante} \quad v = v_0 + a \cdot t \quad S = S_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$V_y = A \cdot t + B$

07) É possível saber a altura máxima que o foguete atingiu? Se sim, encontre-a.

$$(0)^2 - 2 \cdot (-9.8) \cdot \Delta y$$

$$4096 - 235.6 \cdot \Delta y$$

$$-4096 = -235.6 \cdot \Delta y$$

$$\Delta y = \frac{4096}{235.6} = 17.38m$$

Após a análise dos gráficos, como você classificaria o movimento do objeto móvel
 presente no vídeo?

variado e acelerado pois no início ele tem
 aceleração depois perde velocidade e cai e ganha velocidade
 novamente

Fonte: O autor.

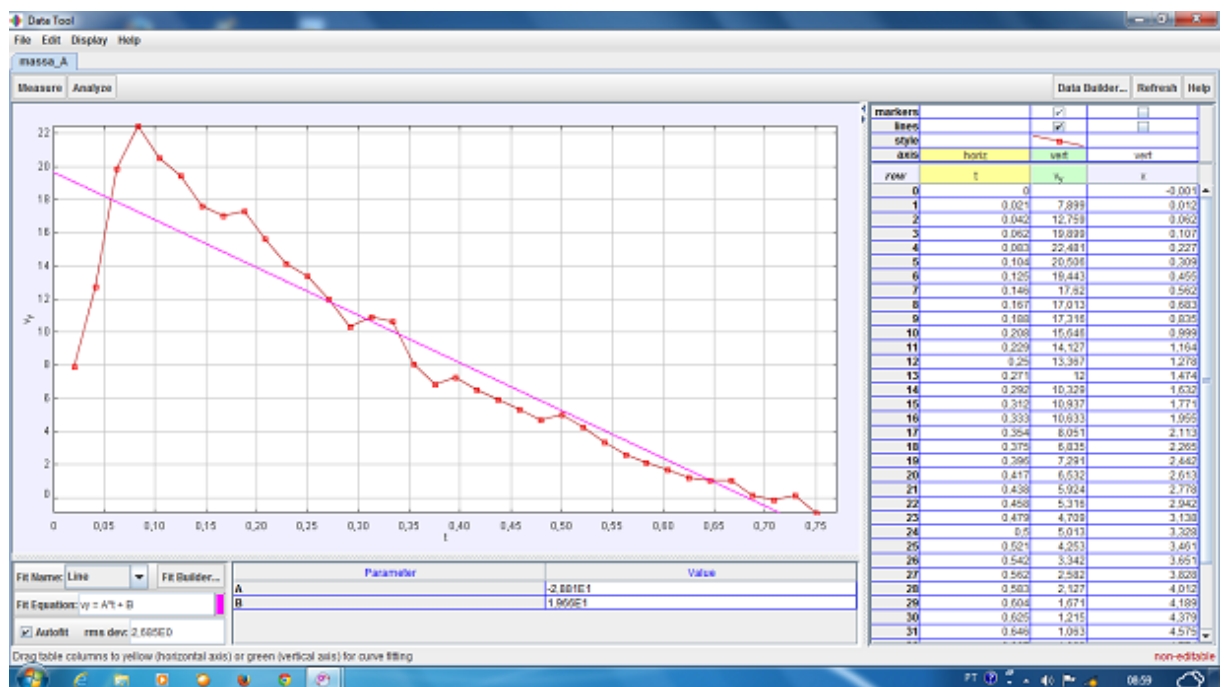
Os gráficos e respostas produzidos pelo grupo 03 para a atividade do foguete estão nas figuras 32 a 35, abaixo:

Figura 32 – Experimento de construção e lançamento do foguete movido a ar comprimido. Grupo 03 - Gráfico da posição em x versus tempo.



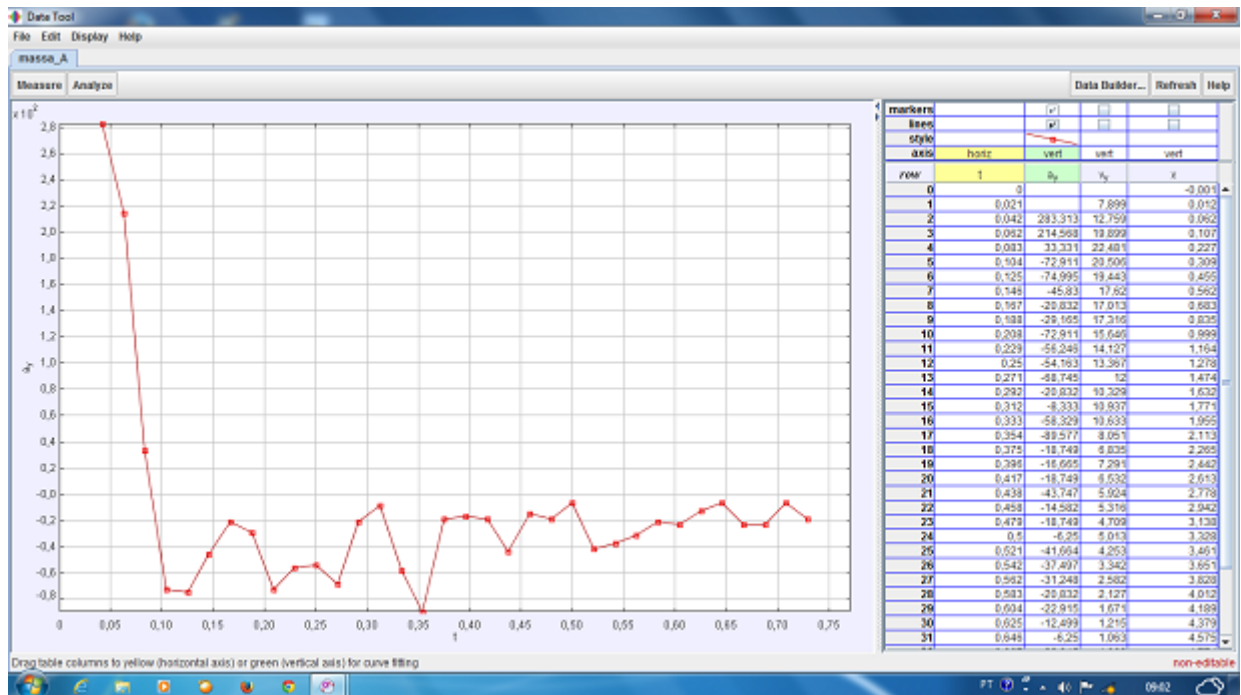
Fonte: O autor.

Figura 33 – Experimento de construção e lançamento do foguete movido a ar comprimido. Grupo 03 - Gráfico da velocidade no eixo y versus tempo.



Fonte: O autor.

Figura 34 – Experimento de construção e lançamento do foguete movido a ar comprimido. Grupo 03 - Gráfico da aceleração no eixo y versus tempo.



Fonte: O autor.

O grupo 03 analisou a filmagem de um dos lançamentos do seu foguete em que o movimento ocorre lateralmente, este fato os levou a analisar as posições do foguete no eixo x em função do tempo, chegando a descrições incorretas do movimento, como pode ser visto em suas respostas, que estão contidas na figura 35. É citado que a análise é feita no eixo y, mas na verdade, estão tirando conclusões da posição do móvel com o passar do tempo a partir do eixo x. Comentam que a velocidade fica negativa, mas ela chega até 0 m/s nos pontos analisados com o programa *Tracker* e que foram usados na construção do gráfico.

Em relação a aceleração concluem que em situações reais a aceleração varia bastante, diferente da teoria em que é idealizado que a aceleração existe mais é uniforme durante o movimento acelerado. Conseguem obter corretamente as informações em relação a velocidade inicial e a aceleração do foguete, chegando ao valor de 6,70 m de altura máxima alcançada pelo foguete, o que se mostra coerente com o que foi visualizado no lançamento do foguete.

Figura 35 – Respostas do grupo 03 para os questionários da atividade do foguete.

- a) Características do gráfico posição versus tempo:
 A posição do foguete foi aumentando, ou seja, crescendo, ao passar do tempo e quando chegou na posição 5,3 em relação ao eixo y permaneceu constante por certo momento e novamente cresceu.
- b) Características do gráfico velocidade versus tempo:
 No início a velocidade em relação ao eixo y aumentou de 8 m/s até 23 m/s depois começou a diminuir, ou seja, idioscras de uma forma variada até chegar a uma velocidade abaixo de zero (negativa).
- c) Características do gráfico aceleração versus tempo:
 No início teve uma grande queda de 2,8 m/s² a -9,7 m/s² variando de momento variou entre -0,9 m/s² a -0,1 e teve uma aceleração variada.

06) Quais as conclusões que o seu grupo chegou em relação ao modelo matemático que é descrito através das equações abaixo?

Posição inicial = 0,2
 velocidade = 0 = variação de velocidade
 Posição final B = 19,66
 altura = 6,70 m
 Movimento uniforme:

$$a = 0 \frac{m}{s^2}$$

$$v = \text{constante}$$

$$S = S_0 + v_0 \cdot t$$

☒ Movimento uniformemente variado ou acelerado:

$$a = \text{constante}$$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$S = S_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

07) É possível saber a altura máxima que o foguete atingiu? Se sim, encontre-a.

Sim.

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta y$$

$$0 = 23^2 + 2 \cdot (-9,7) \cdot \Delta y$$

$$0 = 529 - 19,4 \cdot \Delta y$$

$$19,4 \cdot \Delta y = 529$$

$$\Delta y = \frac{529}{19,4} = 27,27$$

Após a análise dos gráficos, como você classificaria o movimento do objeto móvel presente no vídeo?

como movimento acelerado, ocorreu bastante variação, em pouca altura.

$$0^2 = (19,66)^2 + 2 \cdot (-28,81) \cdot \Delta y$$

$$0 = 386,51 + 57,62 \cdot \Delta y$$

$$-386,51 = 57,62 \cdot \Delta y$$

$$\Delta y = \frac{386,51}{57,62}$$

$$\Delta y = 6,70 \text{ m}$$

$$1,966 \times 10^1 = 19,66$$

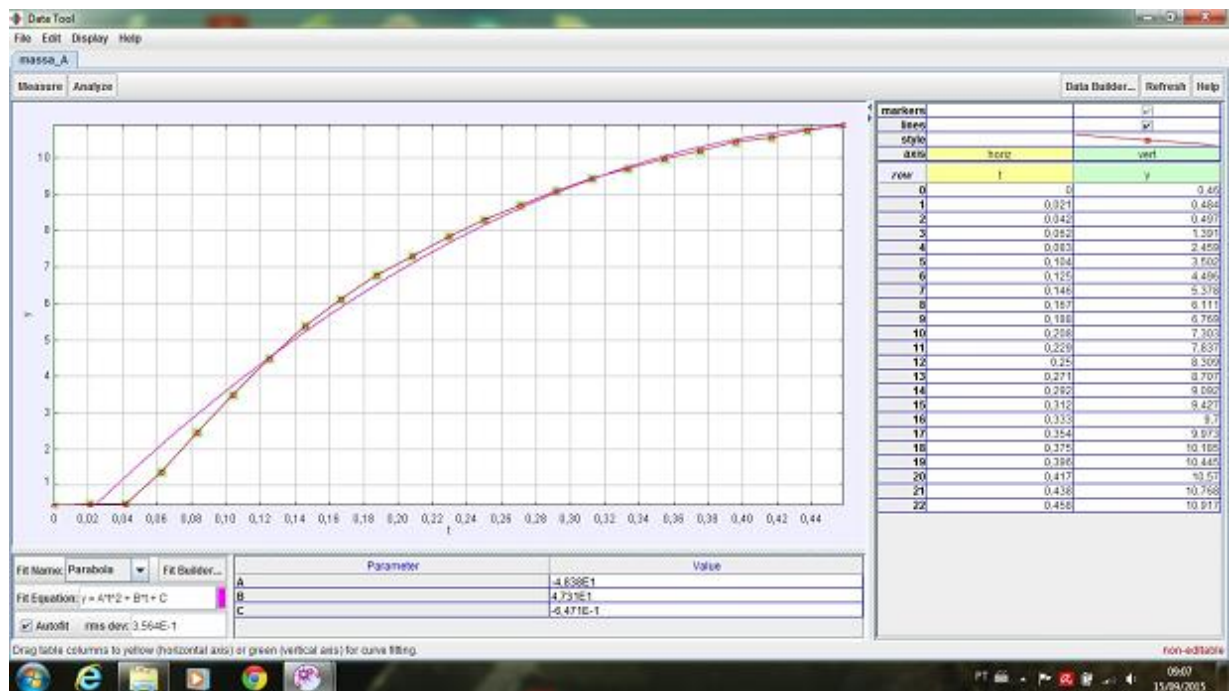
Fonte: O autor.

O grupo 05 obteve as informações sobre o movimento do seu foguete analisando o gráfico da posição, velocidade e aceleração no eixo y versus tempo, conseguindo realizar uma boa leitura e descrição do movimento através dos gráficos criados, apresentados nas figuras 36 a 38. Portanto, a interpretação qualitativa do aspecto Físico foi satisfatória, mas, por outro lado, pôde ser observado em boa parte dos alunos,

incluindo os outros grupos também, a existência de uma grande carência e falta de familiaridade com o conhecimento matemático básico, que é vital para que a Física seja entendida por completo.

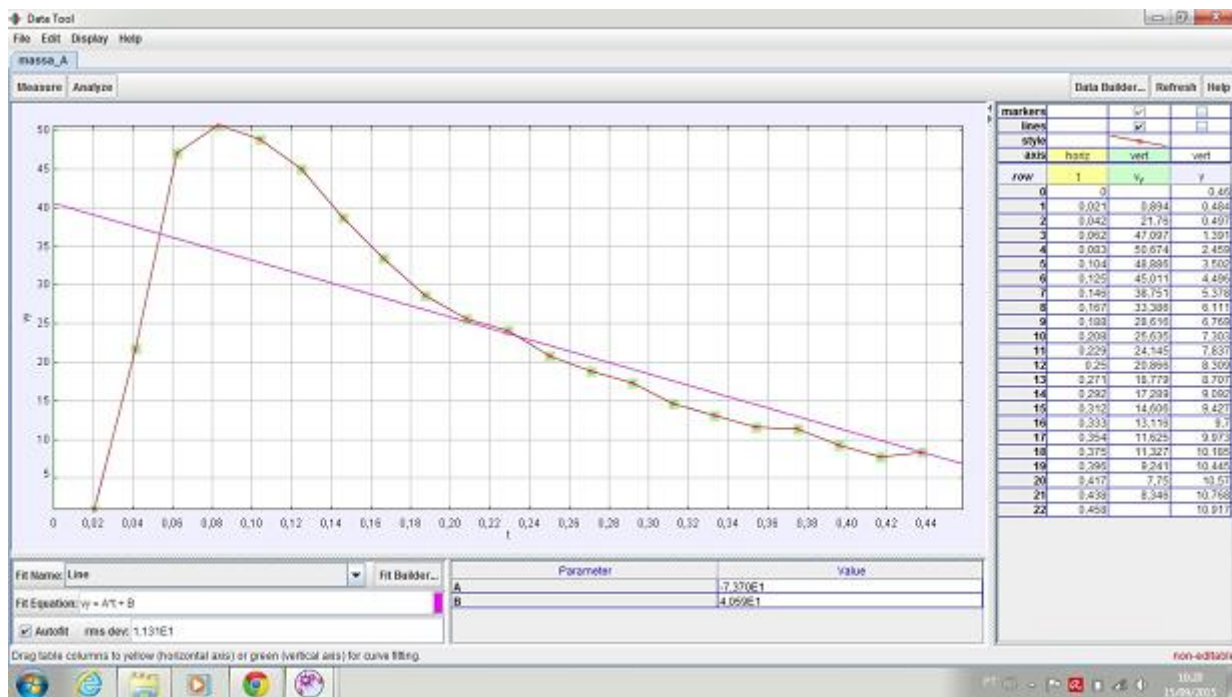
Podemos verificar esta afirmação na figura 39. Os alunos integrantes do grupo 05 dominaram o uso do programa *Tracker*, coletaram informações de maneira eficiente com as funcionalidades do programa, mas erraram no cálculo da altura máxima que o seu foguete atingiu.

Figura 36 – Experimento de construção e lançamento do foguete movido a ar comprimido. Grupo 05 - Gráfico da posição no eixo y versus tempo.



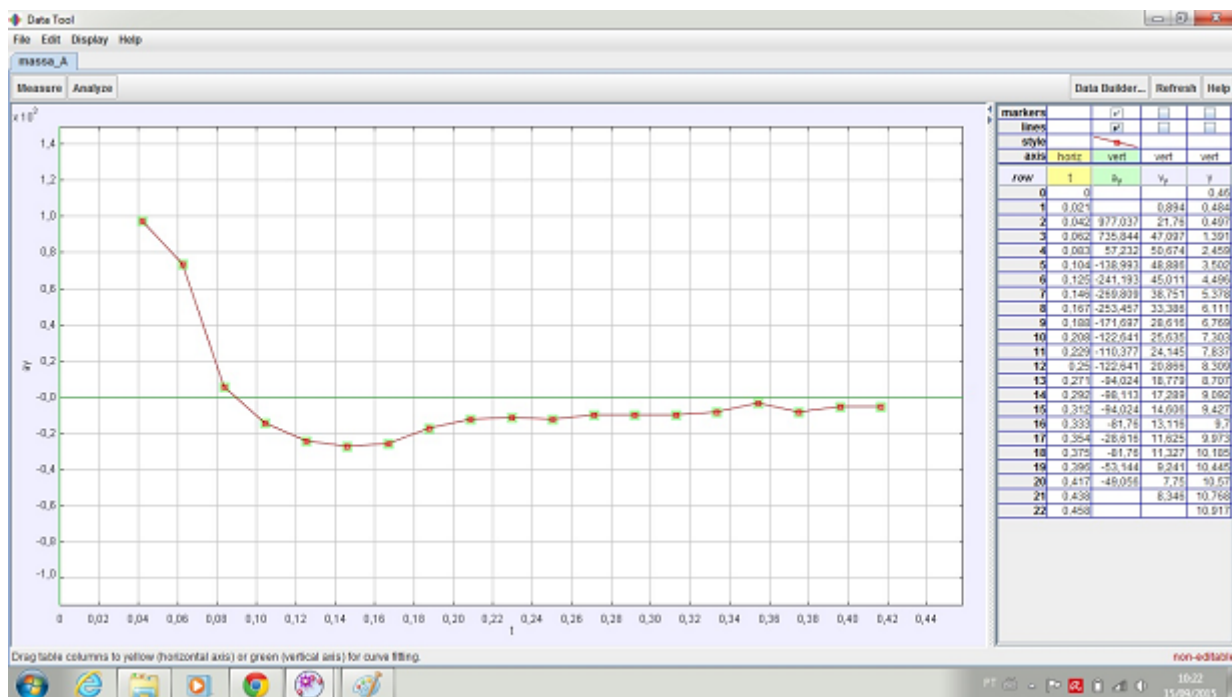
Fonte: O autor.

Figura 37 – Experimento de construção e lançamento do foguete movido a ar comprimido. Grupo 05 - Gráfico da velocidade no eixo y versus tempo.



Fonte: O autor.

Figura 38 – Experimento de construção e lançamento do foguete movido a ar comprimido. Grupo 05 - Gráfico da aceleração no eixo y versus tempo.



Fonte: O autor.

Figura 39 – Respostas do grupo 05 para os questionários da atividade do foguete.

Fonte: O autor.

a) Características do gráfico posição versus tempo:
 posição de y .
 saiu de uma altura de 0 m e chegou na posição de 10 m.

b) Características do gráfico velocidade versus tempo:
 no começo até um certo ponto a velocidade aumentou e depois quando ele subiu tudo ele diminuiu, e quando desceu ele continuou no movimento anterior.

c) Características do gráfico aceleração versus tempo:
 A aceleração só aumentou, quando o foguete atingiu sua altura máxima ficou com 0 de aceleração e logo depois desceu com o mesmo modo do começo.

OBSERVAÇÕES:
 Todos os gráficos deverão ser copiados (print screen da tela) e enviados para o google groups da turma.

04) Qual é a função de cada parte componente do foguete construído?
 Uma bomba de encher pneu, para bombear com uma certa pressão e fazer o foguete lançar.
 Uma base pro foguete parar um pé e não cair.
 O caninho onde passava a água e também o ar.

05) O que causa o movimento do foguete?
 A força com que o ar da bomba penetrou na água fazendo o foguete descolar da ar.

06) Quais as conclusões que o seu grupo chegou em relação ao modelo matemático que é descrito através das equações abaixo?
 Que tendo todas as informações do modelo, a gente conseguiu desenvolver a equação com mais facilidade e sem elas, isso não seria possível. Ficou mais fácil de resolver e saber o resultado.

Movimento uniforme:

$$a = 0 \frac{m}{s^2} \quad v = \text{constante} \quad S = S_0 + v_0 \cdot t$$

Movimento uniformemente variado ou acelerado:

$$a = \text{constante} \quad v = v_0 + a \cdot t \quad S = S_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

07) É possível saber a altura máxima que o foguete atingiu? Se sim, encontre-a.
 Não.

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta y$$

$$0^2 = 40,59^2 - 2 \cdot -73,7 \cdot \Delta y$$

$$0 = 1647,5481 - 71,7 \cdot \Delta y$$

$$\Delta y = \frac{1647,5481}{71,7} = 22,978355 \text{ m}$$

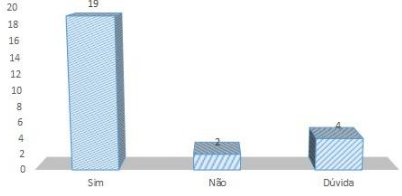
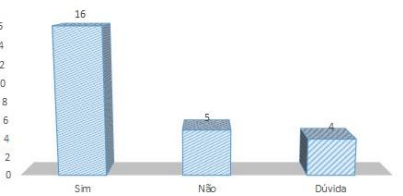
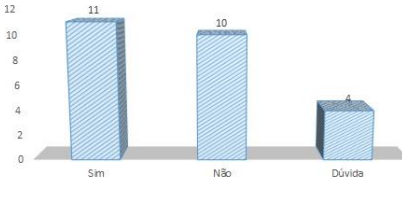
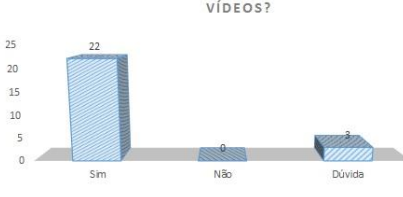
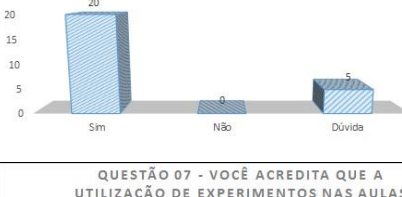
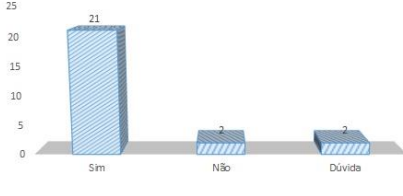
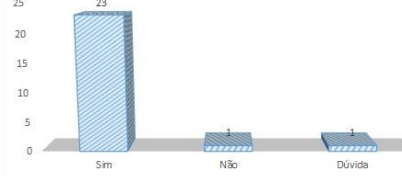
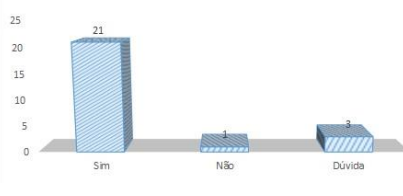
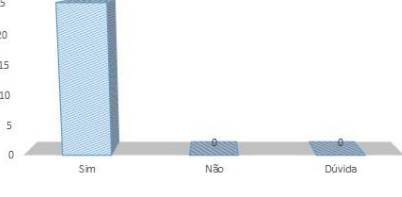
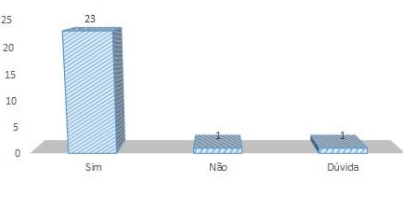
Após a análise dos gráficos, como você classificaria o movimento do objeto móvel presente no vídeo?
 movimento acelerado, porque o foguete sobe no ar com muita velocidade. A aceleração não é constante, assim como a posição e também o movimento que se encontra.

Fonte: O autor.

O questionário opinativo, respondido individualmente por todos os alunos, está apresentado na tabela 3 no formato de gráfico de barras para melhor visualização. As questões referem-se a todo o trabalho em si, com questões que dão ênfase no programa

Tracker, seu uso e sobre a experimentação no ensino de Física. As análises e os comentários sobre as questões são feitos na seção de análise dos resultados.

Tabela 3 - Tabela com os gráficos produzidos a partir do questionário opinativo.

QUESTÃO 01 - AS AULAS ESTIMULARAM O SEU INTERESSE PELA MATÉRIA?  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sim</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>Não</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Dúvida</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Quantidade	Sim	19	Não	2	Dúvida	4	QUESTÃO 02 - O PROGRAMA TRACKER FACILITOU O ENTENDIMENTO DOS CONTEÚDOS ESTUDADOS?  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sim</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Não</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Dúvida</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Quantidade	Sim	16	Não	5	Dúvida	4
Resposta	Quantidade																
Sim	19																
Não	2																
Dúvida	4																
Resposta	Quantidade																
Sim	16																
Não	5																
Dúvida	4																
QUESTÃO 03 - QUANTO AO USO DO PROGRAMA TRACKER, VOCÊ TEVE DIFICULDADES?  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sim</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>Não</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Dúvida</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Quantidade	Sim	11	Não	10	Dúvida	4	QUESTÃO 04 - CONCEITOS COMO REFERENCIAL, POSIÇÃO, VELOCIDADE E ACELERAÇÃO PUDEAM SER IDENTIFICADOS E COMPREENDIDOS COM A ANÁLISE DOS VÍDEOS?  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sim</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>Não</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Dúvida</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Quantidade	Sim	22	Não	0	Dúvida	3
Resposta	Quantidade																
Sim	11																
Não	10																
Dúvida	4																
Resposta	Quantidade																
Sim	22																
Não	0																
Dúvida	3																
QUESTÃO 05 - VOCÊ ACHA QUE A ANÁLISE DE VÍDEOS A PARTIR DE SITUAÇÕES REAIS DEMONSTRA QUE A FÍSICA ESTÁ PRESENTE NO NOSSO COTIDIANO E SUA CONSTRUÇÃO É BASEADA EM MODELOS CRIADOS A PARTIR DA OBSERVAÇÃO DA NATUREZA?  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sim</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Não</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Dúvida</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Quantidade	Sim	20	Não	0	Dúvida	5	QUESTÃO 06 - AULAS EXPERIMENTAIS DESPERTAM O SEU INTERESSE EM APRENDER FÍSICA?  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sim</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Não</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Dúvida</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Quantidade	Sim	21	Não	2	Dúvida	2
Resposta	Quantidade																
Sim	20																
Não	0																
Dúvida	5																
Resposta	Quantidade																
Sim	21																
Não	2																
Dúvida	2																
QUESTÃO 07 - VOCÊ ACREDITA QUE A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS NAS AULAS FACILITA A APRENDIZAGEM DA FÍSICA?  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sim</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>Não</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Dúvida</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Quantidade	Sim	23	Não	1	Dúvida	1	QUESTÃO 08 - EM SUA OPINIÃO, OUTROS ASSUNTOS DE FÍSICA DEVERIAM SER ENSINADOS ATRAVÉS DO USO EXPERIMENTOS?  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sim</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Não</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Dúvida</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Quantidade	Sim	21	Não	1	Dúvida	3
Resposta	Quantidade																
Sim	23																
Não	1																
Dúvida	1																
Resposta	Quantidade																
Sim	21																
Não	1																
Dúvida	3																
QUESTÃO 09 - VOCÊ GOSTOU DE ESTUDAR FÍSICA ATRAVÉS DA CONSTRUÇÃO E DO LANÇAMENTO DOS FOGUETES?  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sim</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Não</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Dúvida</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Quantidade	Sim	25	Não	0	Dúvida	0	QUESTÃO 10 - VOCÊ ACREDITA QUE A CONSTRUÇÃO E O LANÇAMENTO DOS FOGUETES FORAM ÚTEIS NAS AULAS DE FÍSICA?  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sim</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>Não</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Dúvida</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Resposta	Quantidade	Sim	23	Não	1	Dúvida	1
Resposta	Quantidade																
Sim	25																
Não	0																
Dúvida	0																
Resposta	Quantidade																
Sim	23																
Não	1																
Dúvida	1																

Fonte: O autor.

Os gráficos da tabela 3 mostram resultados expressivos, unânimes em algumas questões, como na questão 04 e questão 09. Este questionário opinativo foi aplicado individualmente para cada aluno que participou da aplicação do projeto. O questionário corrobora que, quando existe o uso de experimentos nas aulas e é feito o uso adequado das TIC como facilitadores da aprendizagem, os alunos se interessam mais pelo estudo da Física, se sentem motivados a aprender os conceitos existentes nas situações que estão visualizando e conseguem entender melhor o que está sendo ensinado. Este questionário foi aplicado no fim de todas as atividades, demonstrando também que o paradigma que os alunos possuem de que a Física é algo desconexo da natureza, com muitas equações permeadas de letras sem coerência, sofresse alteração após a participação de todas as aulas do projeto, o que é percebido na questão 05. Em relação ao programa *Tracker*, inicialmente os alunos apresentaram dificuldades, pois careciam do domínio da informática necessário para manipular o programa, como é visto na questão 03 do questionário. Entretanto, quando a questão 02 é analisada, percebemos que, no decorrer das aulas, após um maior tempo de uso e melhor compreensão do funcionamento do programa e da Física que estava sendo estudada, a grande maioria dos alunos reconheceu as facilidades causadas pelo uso do programa *Tracker* no estudo dos movimentos.

4.2 Análise didática e validação da proposta

Durante e após o término das atividades, ficou evidente que o programa *Tracker* facilitou o entendimento dos conteúdos que se propunha a ser ensinado. Esta percepção também ocorreu durante a execução das aulas, através dos comentários dos próprios alunos participantes que ocorreram durante as atividades, “...a compreensão se torna facilitada porque o programa deixa tudo mais visual”. “ É possível ver o que está ocorrendo com o objeto em movimento”. Fato que se mostra visível também nas respostas das atividades propostas, mas principalmente, durante as aulas que ocorreram a montagem e filmagem de experimentos relacionados aos movimentos estudados.

Os signos que eram incompreensíveis e sem significado para uma boa parte dos estudantes, como podemos citar, os conceitos da velocidade, aceleração, posição, eixos de coordenada e como estes conceitos se relacionam no entendimento do movimento

dos corpos, passaram a ter coerência e significado para a grande maioria dos estudantes que participaram das aulas.

O programa *Tracker* favoreceu a transposição do que é palpável e observável no mundo real, para o modelo matemático que explica os movimentos. Justamente este é o objetivo do uso do programa, criar a possibilidade de acompanhar passo a passo o movimento que o móvel executa e visualizar ao mesmo tempo o gráfico selecionado sendo construído ponto a ponto em dependência de como o objeto está se movendo e das grandezas que se está analisando no momento.

Um aspecto muito positivo ocorreu na construção e análise dos gráficos. É muito comum, em um começo inocente e despretenso, os alunos confundirem as curvas formadas nos gráficos como sendo a trajetória que o objeto executa. Com o uso do programa, a construção e execução dos experimentos, ficou nítido, durante as aulas, que os alunos conseguiram, na sua maioria, fazer a leitura e compreender os gráficos do movimento associando-os as equações matemáticas características para cada tipo de movimento, o que foi muito importante para o entendimento dos conceitos. Se o aluno consegue chegar a abstração de entender os gráficos do movimento, que não são intuitivos, podemos concluir que o aprendizado foi interiorizado e sua estrutura cognitiva, seus subsunçores existente antes das aulas diferenciadas, foram modificados pelo novo conhecimento adquirido.

No questionário opinativo, aplicado no fim das aulas, transparece algo que pode ser observado por todo professor que constrói experimentos com os seus alunos, que é o despertar da motivação e do interesse dos alunos para buscar entender a Física. Isso se fez notável na sequência do ano letivo, na mudança da ideia que os alunos possuíam de que a Física seja algo chato e sem sentido, para algo interessante e que deve ser investigado.

O que pôde ser percebido também é a razoável dificuldade que os estudantes têm com a matemática. Por mais elementar que sejam as dificuldades, elas influenciam diretamente para o aluno não gostar de Física, em especial quando é apresentada ao estudante muito matematizada e desconexa da realidade. Nas atividades propostas, as equações foram formalmente apresentadas aos estudantes apenas após todas as grandezas terem sido trabalhadas experimentalmente e com o uso do programa *Tracker*.

Após as ancoragens cognitivas terem sido fortalecidas nunca ultrapassando a zona de desenvolvimento proximal dos alunos, os entendimentos dos conceitos ficam facilitados pela eficiente junção entre os modelos matemáticos do movimento, as

grandezas envolvidas, a leitura correta e o entendimento dos gráficos construídos e o que o estudante observa na realidade, com a filmagem e análise dos vídeos dos experimentos construídos.

Além da dificuldade com a matemática, alguns alunos apresentaram certa dificuldade com a informática também, mas esta situação foi sanada sem a interferência direta do professor. Devido a todas as atividades terem sido realizadas em grupos, os alunos com mais facilidades em determinada tarefa auxiliaram os outros que tinham dificuldades nestas mesmas tarefas, sendo a troca recíproca. Este fato ocorreu em todas as atividades realizadas, o que torna a interação social entre os alunos dos grupos um fator importante e eficiente na aprendizagem. O aprendizado é construído na interação entre os integrantes do grupo e os desafios que eles devem enfrentar juntos em busca da compreensão.

Outra questão importante de ser comentada ocorreu no início do uso do programa *Tracker*. A maioria dos alunos apresentou dificuldades e incompreensão em relação ao uso e funcionamento do *Tracker* no primeiro contato com o programa. Isso fica relatado na resposta da questão 03 do questionário opinativo. Devido a isso, foi necessário a aplicação da proposta em dez aulas, com a finalidade de causar uma maior familiarização dos estudantes com o programa. No decorrer da sequência das aulas, esta dificuldade foi se esvaecendo na mesma proporção que os alunos foram usando o programa mais intensamente.

Convém comentar também que, com a experiência, vemos que o programa *Tracker* apresenta algumas particularidades, como as mais consideráveis citadas adiante: A filmagem deve ser feita com bom contraste na cena e sempre perpendicular ao movimento do objeto. O programa trabalha com mais precisão com móveis que não possuem velocidade muito elevada. Quanto mais pontos o programa consegue analisar na filmagem feita, mais preciso são os valores que o programa consegue captar do movimento filmado.

Os resultados da experiência foram animadores, pois, apesar de todas as dificuldades inerentes a estrutura da escola pública de uma maneira geral, um bom percentual da turma demonstrou interesse pelos assuntos e atividades desenvolvidas durante a aplicação do projeto, tiveram um bom rendimento nas atividades avaliativas propostas ao final de cada experimento, houve a evolução nos conceitos referentes ao tema abordado e, na pesquisa de opinião a maioria dos alunos demonstrou ter gostado das aulas e entendido o uso do programa *Tracker* como um fator positivo de grande

auxílio na compreensão dos conceitos estudados. Assim podemos afirmar que o uso do programa *Tracker* foi adequado para o estudo dos assuntos escolhidos para a aplicação da proposta.

Capítulo 5 Considerações finais

O ensino de Física no currículo do Ensino Médio objetiva dar aos estudantes a oportunidade de compreender melhor a natureza que os rodeia e o mundo tecnológico em que vivem. Portanto, deve contribuir também para a formação científica, capacitando o aluno a observar e interpretar fenômenos e processos naturais. Ao mesmo tempo, deve desenvolver as competências que permitam ao aluno validar informações recebidas ou emitir opiniões baseadas em evidências sobre situações que interferem na sua vida particular e na sociedade em geral.

A incorporação das novas tecnologias da informação e da comunicação na educação tem consequências tanto para a prática docente como para os processos de aprendizagem, sendo um desafio que os professores devem estar dispostos a enfrentar, pois não há como fugir da situação que está posta a todos nós educadores. Embora alguns professores desconheçam as inúmeras possibilidades do uso das mídias na educação, divulgar essas informações e sugestões é dever de todo educador que trabalhe com a tecnologia educacional em busca da melhoria do ensino de Física no país, que se encontra em situação precária na atualidade.

Em relação as aulas experimentais, o que pôde ser sentido durante sua execução reside no fato de que elas têm o poder de proporcionar uma melhora na motivação e na visão que os alunos têm da Física, que aos poucos vai sofrendo alterações no decorrer do processo de aprendizagem. Os estudantes não se interessam pela simples memorização da informação e matematização desconexa da realidade que muitas vezes ocorre no ensino tradicional de Física.

O ensino de Física deve ser feito de forma a mostrar aos alunos que essa ciência está presente em nosso dia-a-dia, que ela é nossa companheira. Relacionar matérias, levar experimentos para sala de aula, mostrar como que funciona na prática faz com que o aluno se motive e tome gosto pela matéria estudada. Ao falar de cinemática, como no nosso caso, pode-se mostrar que os tipos de movimento estudados existem no cotidiano e a matemática é necessária para se construir um modelo do movimento, como qual podemos retirar informações de como a natureza funciona. Existe um vasto leque de opções que um educador pode utilizar visando a fácil compreensão do aluno e um possível gosto pelo assunto abordado.

No presente trabalho, a opção de utilizar o programa *Tracker* foi certamente a mais acertada, mesmo que o começo de sua utilização tenha tido um pouco de relutância, rapidamente os alunos se familiarizaram com os comandos e sua interface fácil e intuitiva, tornando seu emprego nas aulas produtivo e facilitador do aprendizado.

O professor necessita mudar sua postura, preocupar-se em organizar suas atividades levando em consideração todo o arsenal tecnológico que tem em mãos e como eles podem contribuir para a efetivação da aprendizagem.

Portanto, o desafio que nos é imposto na presente evolução tecnológica e informacional que nos encontramos atualmente é o de reconhecer que os novos meios de comunicação e linguagens presentes na sociedade devem fazer parte da sala de aula, não como dispositivos tecnológicos que imprimem certa modernização ao ensino, mas sim conhecer a potencialidade e a contribuição que as TIC podem trazer ao ensino como recurso e apoio pedagógico às aulas.

Referências Bibliográficas

1. ALBUQUERQUE, K. e MOITA, F. (2008), “Blog sobre Termodinâmica: uma vivência sobre a importância educativa dos ambientes virtuais de aprendizagem”. BOCC: Jornalismo Científico, Portugal. Acessado em: 01/05/2015. Disponível em: <http://www.bocc.ubi.pt/pag/albuquerque-moita-artigo-sobre-termodinamica.pdf>
2. ALEGRE, Laíze M. P. Utilização das Tecnologias da Informação e da Comunicação, na prática docente, numa Instituição de Ensino tecnológico. Tese de Doutorado, Campinas, UNICAMP, 2005.
3. ALVES FILHO, J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. Caderno Brasileiro de Ensino de Física v. 21, n. especial, p. 44-58, 2009.
4. AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.
5. BEICHNER, R. J. Testing student interpretation of kinematics graphs. American Journal of Physics. Woodbury, v, 62, n, 8, p. 750 – 762. Agosto, 1994.
6. BEZERRA-JR, Arandi Ginane et al. Videoanálise com o software livre tracker no laboratório didático de física: movimento parabólico e segunda lei de newton. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. Especial 1, p. 469–490, Jun. 2012.
7. BRASIL, Lei de Diretrizes e Bases da Educação. Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996.
8. BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.
9. BRITO, Glaucia da Silva. PURIFICAÇÃO, Ivonélia da. Educação e Novas Tecnologias: Um repensar. Editora IBPEX, Curitiba, 2ª Edição, 2008.
10. BROWN, Doug. Free video analysis and modeling tool for Physics education. [S.l.: s.n.], 2010. Disponível em: <<http://www.cabrillo.edu/dbrown/tracker/>>. Acesso em: 08 Nov. 2014.
11. CAFÉ COM BLOGUEIROS. Disponível em: <http://www.cafecomblogueiros.com.br/category/como-fazer/>. Acessado em: 10 Jan. 2015.
12. CALLONI, José Gilberto. A Física dos movimentos analisada a partir de vídeos do cotidiano do aluno: uma proposta para a oitava série. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.
13. CASTELLS, M. A. A era da informação: economia, sociedade e cultura. São Paulo: Ed. Paz e Terra, 2000

14. COMO CRIAR BLOGS. Disponível em:
<http://www.assuntoscriativos.com.br/2014/06/como-criar-um-blog-de-sucesso13.html#VOI6gfnF8YM>. Acessado em: 10 Jan. 2015.
15. CÓRIA SABINI. Maria Aparecida. Psicologia do desenvolvimento. São Paulo. Editora Ática, 1993.
16. CORRÊA, C. H. W. Comunidades Virtuais gerando identidades na sociedade em rede.
17. FERNANDEZ, Rodrigo O.; BORGES, Adriana P.; PÉREZ LISBOA, Maurício; PEIXOTO, Nathalia e RAMIREZ FERNANDEZ, F. Javier. Sensores Integráveis e Microestruturas Laboratório de Microeletrônica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
18. FERREIRA, Álvaro M. F. A análise digital de vídeo e software exploratório no ensino de Física. Relatório para obtenção de grau de mestre em ensino da Química e da Física. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Julho de 2012.
19. GIORDAN, M.(1999): “O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências”, in: Química Nova na Escola, n.º 10.
20. GUTIERREZ, Suzana. O Fenômeno dos Weblogs: as possibilidades trazidas por uma Tecnologia de publicação na Internet. Informática na Educação: teoria e prática. Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 87-100, jan/jun, 2003.
21. GUTIERREZ, Suzana. Weblogs e Educação: contribuição para a construção de uma teoria. Novas Tecnologias na Educação. Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil. Acessado em 05/06/2015. Disponível em:<http://www.cinted.ufrgs.br/renote/maio2005/artigos/a15_welogs.pdf>
22. HALMANN, Adriane Lizbehd, COMUNICAÇÃO E FORMAÇÃO EM MÍDIAS DIGITAIS: novas práticas sociais na formação de professores de ciências. Rev. Estud. Comun. Curitiba, v. 8, n. 16, p. 165-171, maio/ago. 2007. Acessado em: 05/06/2015. Disponível em:
<http://www2.pucpr.br/reol/index.php/COMUNICACAO?dd1=1764&dd99=view>
23. HEWITT, Paul G., Física conceitual. Porto Alegre. Editora: Bookman, 9ª Edição, 2002.
24. KENSKI, Vani Moreira. Educação e Tecnologias: O novo ritmo da informação. 2ª ed. 2007.
25. LENZ, Jorge Alberto; FILHO, Nestor Cortez Saavedra; BEZERRA JR., Arandi Ginane. Utilização de TIC para o estudo do movimento: alguns experimentos didáticos com o software Tracker. Abakós, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 24–34, maio 2014.
26. MAIA, Fabio; MENDONÇA, Luciana; STRUCHINER, Miriam. Blogs e Ensino de Ciências: Um estudo exploratório. VI ENPEC, Florianópolis, 2007. Acessado em:

02/06/2015. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/CR2/p11119.pdf>

27. MARTINHO, T.; POMBO, L. Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais: um estudo de caso. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, n. v. 8, n. 2, p. 527-538, 2009.
28. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC/SEF, 2000.
29. MIRANDA JUNIOR., M da R., Introdução ao uso da informática no ensino de Física no ensino médio. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005.
30. MOREIRA, M. A. Série Enfoques Didáticos. Monografia número 1. Instituto de Física da UFRGS. Porto Alegre. 1993.
31. MOREIRA, M. A. A Teoria da Mediação de Vygotsky. Monografia número 7 da Série Enfoques Teóricos. Instituto de Física da UFRGS. Porto Alegre. 1995.
32. MOREIRA, M.A. Aprendizagem Significativa. Brasília: Editora UnB. 1999.
33. MOREIRA, M.A. A teoria da aprendizagem significativa e suas implementações em sala de aula. Brasília: Editora UnB, Brasília. 2006.
34. MOREIRA, M.A. Uma abordagem Cognitivista ao Ensino de Física. A teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências. Editora da Universidade, Porto Alegre, UFRGS, 1983.
35. MOREIRA, M.A. Teorias da aprendizagem. São Paulo, EPU. 1999.
36. MORESCO, Sílvia F. S. e BEHAR, Patrícia Alejandra. Blogs para a aprendizagem de Física e Química. *Revista Novas Tecnologias na Educação - Renote*. Porto Alegre: CINTEDUFRGS, Vol. 4, Nº 2, Julho/2006. Acessado em: 02/06/2015. Disponível em: www.cinted.ufrgs.br/renote/jul2006/artigosrenote/a44_21233.pdf
37. OLIVEIRA, L. P.; BEZERRA JUNIOR, A. G.; SAAVEDRA FILHO, N. C.; LENZ, J. A. Vídeo-Análise no Ensino de Física: Experiências com o Software Tracker. In: XV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, 2010, Cornélio Procópio. XV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, 2010.
38. OLIVEIRA, Marco Antônio Sodré. Os aspectos físicos e matemáticos do lançamento do foguete de garrafa PET. Trabalho de conclusão de curso para obtenção de grau de licenciado em Física. Brasília. Universidade católica de Brasília, 2008.
39. OPEN SOURCE PHYSICS (SOFTWARES COM CÓDIGO ABERTO, GRATUITOS). 2010. Disponível em: <http://www.compadre.org/osp/>>. Acesso em: 10 Fev. 2015.

40. PADILHA, M. A. S. CAVALCANTE, P. S. Inovações tecnológicas e pedagógicas em educação: entraves para uma prática de pesquisa digital. XII Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino – ENDIPE, 2004, Curitiba, Anais eletrônicos. Curitiba, 2004.
41. PADILHA, M. A. S. CAVALCANTE, P. S. e ABRANCHES, S. P. Tecnologia da informação e comunicação na educação: mídias e modelos de ensino. Cadernos de educação e tecnologias. Grupo de estudos em novas tecnologias e educação – GENTE/UFPE, 2009.
42. PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. Diretrizes Curriculares de Física. Curitiba, SEED/PR: 2006.
43. PRETTO, N. L., CARVALHO, M. I. S. S. – Educação e tecnologias de comunicação e informação – a biblioteca virtual de ensino a distância. Noésis. v.1, p.111 – 120, 2000.
44. SANCHO, Juana M. Para uma tecnologia educacional. Ed. Artmed. Porto Alegre: 1998.
45. SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. Diretrizes curriculares da Educação Básica – Física. Paraná, 2008.
46. SENA DOS ANJOS, A. J. As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: a simulação computacional na educação em física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 3, p. 569-600, 2008.
47. SILVA, A. L. P. O uso de multimídia no ensino de ciências. 2010. Monografia (Especialista em Ensino de Ciências por Investigação) – Faculdade de educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
48. SILVA, Cleder T. A. & GARÍGLIO, José A. A formação continuada de professores nas políticas públicas de inclusão digital. Centro Federal de Educação Tecnológica De Minas gerais. Disponível em: [HTTP://www.senept.cefetmg.br/galerias/.../anais/.../TerxaTema3Poster10.pdf](http://www.senept.cefetmg.br/galerias/.../anais/.../TerxaTema3Poster10.pdf). Acesso em: 20/10/2013.
49. STEWART, F. (1985). Planning to Meet Basic Needs. London, Macmillan.
50. TAJRA, Sanmya Feitosa. Informática na Educação: novas ferramentas pedagógicas para o professor na atualidade. Sanmya Feitosa Tajra. 3.ed. rev. atual e ampl. – São Paulo: Érica, 2001.
51. VEIT, Angela E. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? Física na Escolas, v. 6, n. 1, p. 69–74, 2005.
52. VERAS, Marcelo (org.) Inovação e métodos de ensino para nativos digitais. São Paulo: Atlas, 2011.

Apêndice A

Questionário pré-teste e pós-teste

Número do grupo:

Responda as questões abaixo:

- 01) Ao ver um objeto em movimento é possível prever o que acontecerá com ele no futuro?

- 02) O que é necessário conhecer sobre este móvel para caracterizar o seu movimento?

- 03) É preciso ter equações que descrevam o movimento de um objeto para que seja possível adquirir informações sobre o seu movimento?

Apêndice B

Guia rápido para a análise de vídeos com o programa *Tracker*

Número do Grupo ou nome dos integrantes do grupo:

01) Faça uma breve descrição do vídeo que o grupo filmou para ser analisado com o programa Tracker:

02) Faça os procedimentos iniciais para a análise do vídeo:

- Selecione os frames importantes;
- Insira o sistema de coordenadas;
- Insira a fita de calibração em alguma medida conhecida que aparece no vídeo;
- Marque os pontos de massa manualmente ou automaticamente.

03) Plote os gráficos abaixo, descrevendo-os:

a) Características do gráfico **posição** versus **tempo**:

b) Características do gráfico **velocidade** versus **tempo**:

c) Características do gráfico **aceleração** versus **tempo**:

OBSERVAÇÕES:

Todos os gráficos deverão ser copiados (print screen da tela) e enviados para o google groups da turma. **O nome do gráfico deverá conter o número do grupo.**

Após a análise dos gráficos, como você classificaria o movimento do objeto móvel presente no vídeo?

Apêndice C

Plano de aula – O Movimento

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – PÓLO 35

EDENILSON ORKIEL

Plano de aula teórica
A importância do Movimento

Ponta Grossa - 2015

1. IDENTIFICAÇÃO.

Escola: Colégio Estadual Francisco Ramos.

Curso: Ensino Médio.

Disciplina: Física.

Professor: Edenilson Orkiel.

Série / Ano letivo: 1ª série / 2015.

Carga horária: 4 horas-aula (250 minutos).

2. ASSUNTO.

O método de trabalho adotado para as aulas diferenciadas consiste na utilização do programa *Tracker*⁸ como instrumento para a vídeo análise do movimento uniforme, acelerado e oblíquo. Os alunos aprenderão a usar o *Tracker* com a finalidade de descrever o movimento dos corpos na visão clássica da Física.

3. COMPETÊNCIAS E HABILIDADES.

- Interpretar tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico;
- Familiarizar-se com o uso do programa *Tracker* para a vídeo análise de movimentos;
- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica.
- Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento aprendido, através de tal linguagem;
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico e com situações do cotidiano.

⁸ *Tracker*, trata-se de um pacote de análise de vídeos implementado em JAVA, com a característica de ser código aberto (OPS – open source physics). Disponível em: <https://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>. Acessado em: 10 de setembro de 2014.

4. OBJETIVOS.

- Relacionar como um vídeo é formado, relacionando com o princípio básico de funcionamento do programa *Tracker*;
- Retirar informações do movimento de objetos usando o programa *Tracker*, para compreender o conceito de velocidade e de aceleração, e assim descrever o movimento dos corpos;
- Caracterizar o movimento de um corpo e obter as equações que o descrevem por meio da filmagem e análise de vídeos de movimentos presentes no cotidiano do aluno. Tal objetivo se sustenta na ideia de que, a partir da análise dos gráficos gerados pelo programa *Tracker*, e do movimento real do próprio corpo em si, o sentido e a utilidade vivencial dos modelos e equações que descrevem o movimento dos corpos em escalas do cotidiano ganharão mais significado para os educandos.

5. MOMENTOS DA AULA.

5.1. INCENTIVAÇÃO (50 minutos).

No início da primeira aula será informado aos alunos como ocorrerão as próximas aulas e do que elas irão tratar. Posteriormente, a aula segue com os questionamentos abaixo abordados e que devem ser discutidos com os alunos:

- Ao analisar algum objeto em movimento é possível prever a o que acontecerá com ele no futuro?
- O que é necessário conhecer sobre este móvel para caracterizar o seu movimento?
- É preciso existir equações que descrevam o movimento de um objeto para que seja possível adquirir informações sobre ele?

Após os questionamentos iniciais, que serão anotados e servirão de parâmetros para diagnosticar o conhecimento prévio dos alunos, ou seja, os subsunçores que os alunos

possuem sobre o assunto, inicia-se com o arquivo que comenta sobre o que é um vídeo. A principal ferramenta de uso dos softwares de vídeo análise é o próprio filme de algum corpo se movimentando. Portanto, temos que esclarecer o que é um vídeo, do que ele é constituído, elucidar termos como: frames por segundo (fps), pixels, etc. Para que isso ocorra podemos iniciar com o vídeo presente no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=RvFGze3R30I>.

Posteriormente, segue com a apresentação da interface do programa *Tracker*, de suas funções e possibilidades, mostrando exemplos da análise de vídeos com o programa. No presente trabalho, para cada conteúdo ministrado foram feitas demonstrações na sala de aula, filmando experimentos simples, de objetos se movimentando, como um dado numérico solto em uma proveta contendo detergente, um carrinho saltando de uma rampa e um canhão de papelão lançando uma bolinha de espuma. Após a filmagem, os vídeos podem ser carregados no programa *Tracker* e analisados com ênfase nas diferenças evidentes nos gráficos obtidos para a posição no eixo coordenado x ou y versus tempo, velocidade em x ou y versus tempo e aceleração em x ou y versus tempo.

Ao fim desta primeira etapa os alunos são divididos em grupos contendo, no máximo, 6 integrantes cada. Será criado um grupo no [googlegroups.com.br](https://www.google.com.br/groups) para que as atividades de todos os grupos sejam postadas no decorrer das aulas. Para cada grupo, deverá ser criado ao menos 1 e-mail do Gmail para que seja cadastrado no *googlegroups* e o grupo em questão possa postar e verificar o andamento de seus trabalhos. Na sequência, pede-se para cada grupo filmar qualquer objeto se movimentando, presente no seu dia a dia, e enviar para o Professor através de um dos meios de comunicação virtual existentes atualmente, como e-mail, *watsapp*, rede social ou no *googlegroups*. É importante também salientar para os alunos que eles devem medir e anotar algum valor de referência no cenário da filmagem do vídeo, para posteriormente ser possível calibrar no programa *Tracker* o parâmetro da distância que o objeto filmado percorre em cada frame do vídeo. Importante também informar aos alunos que a câmera deve estar fixa, sem movimento relativo entre ela e o objeto a ser filmado.

O laboratório de informática das escolas públicas pode estar inoperante a qualquer momento, por diferentes motivos, entre os quais, o mais comum é a falta de manutenção. Se isto acontecer no período de aplicação das aulas, pedir aos alunos que tragam 1 notebook de uso pessoal por grupo para que os programas sejam instalados e as atividades propostas tenham as condições de serem realizadas.

Convém lembrar que deve ser comunicado a direção do colégio que foi solicitado para os alunos trazerem dispositivos eletrônicos como celular e notebook em determinados dias a fim de serem usados nas aulas em atividades pedagógicas.

5.2. DESENVOLVIMENTO (150 minutos).

A explanação dos conteúdos será feita através de apresentação multimídia com a utilização de imagens e vídeos para ajudar no entendimento e visualização dos conceitos apresentados. Para cada grupo de alunos será disponibilizado o material didático impresso sobre cada um dos assuntos estudados e questões relevantes sobre o uso do *Tracker*. O que se pretende com a apresentação é adicionar informações às preexistentes na cognição dos alunos e começar a modificar e adicionar os subsunçores identificados no início da primeira aula, durante os questionamentos iniciais. Nesta etapa ainda não serão mostradas as equações formais que descrevem o movimento de objetos presentes no nosso dia a dia. Estas equações aparecerão apenas no fim da análise dos gráficos dos movimentos de objetos. O material didático referente aos assuntos abordados encontra-se em anexo no presente trabalho.

O início da abordagem dos conceitos referentes a velocidade e aceleração começa com a exibição e posterior discussão do vídeo disponível no endereço eletrônico: https://www.youtube.com/watch?v=317Zb-_jzBE. Para iniciar a explanação do conceito de aceleração pode-se também exibir o vídeo que encontra-se no seguinte endereço eletrônico: http://www.youtube.com/watch?v=dQ0fzibhC_k.

No fim da abordagem dos conceitos sobre movimento uniforme e movimento acelerado ocorre com a exibição e comentários sobre os tipos de movimento que o vídeo presente no endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=ZtyFRdTvoGA> mostra.

Fica a critério do Professor fazer os experimentos sobre cada tipo de movimento no início ou no fim das aulas onde ocorre o desenvolvimento das atividades. Para o movimento uniforme foi escolhido realizar o experimento de um dado numérico caindo em uma proveta cheia de detergente. No movimento acelerado foi executado e filmado o lançamento de uma bola de espuma através de um canhão de papelão. E no movimento oblíquo deixou-se um carrinho saltar de uma rampa. Estes experimentos

serão filmados e disponibilizados no *googlegroups* da turma para cada equipe analisar com o programa *Tracker* e enviar suas conclusões e gráficos encontrados novamente para o grupo virtual da turma.

5.3. SÍNTESE INTEGRADORA (50 minutos).

Os vídeos que os alunos filmaram no seu cotidiano e enviaram para o *googlegroups* da turma, devem ser adaptados, pelo Professor, de modo adequado para a realização da próxima atividade. Por exemplo, o Professor poderá selecionar 1 ou 2 vídeos, de cada equipe, que se mostrarem mais adequados, e cortar apenas a parte dos vídeos que apresentam o movimento do objeto filmado relevante para a análise. Nesta etapa, cada um dos grupos irá trabalhar livremente com o programa *Tracker*, analisando as suas filmagens com o objetivo de caracterizar o movimento filmado, através da velocidade existente, aceleração e a relação matemática do movimento descrito pelo objeto e gerado pelo programa *Tracker*. Isto deverá acontecer através da análise dos gráficos gerados pelo programa concomitante com o que está sendo observado no vídeo e com as modificações que já devem ter ocorrido em cada um dos indivíduos da turma acerca das ideias iniciais que tinham sobre o movimento dos corpos.

6. AVALIAÇÃO.

A avaliação constituirá do print screen (cópia) da tela onde ocorre a análise dos gráficos do movimento através do programa *Tracker*, seguido de anotações que os alunos deverão fazer acerca das características do movimento, como o valor encontrado para a aceleração do móvel, a velocidade do móvel e a análise e reflexão de cada grupo, sobre a correlação dos dados gráficos obtidos com o modelo Físico que descreve o movimento analisado. Este arquivo, que constituirá a avaliação, deverá ser enviado pelo

grupo para o googlegroups da turma. Esta atividade final será postada no blog fisicanimada.edublogs.org

7. OBJETOS EDUCACIONAIS.

- Projetor multimídia;
- Computador portátil;
- Quadro-de-giz;
- Giz;
- Programa de vídeo análise *Tracker*;
- Vídeos;
- Imagens;
- Celulares com câmera;
- Livro: Física Conceitual. Paul G. Hewitt;
- Tripé de câmera fotográfica.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. CAVALCANTE, M. A. & TAVOLARO, C.R.C Física Moderna Experimental. São Paulo: Editora Manole, 2007.
2. GONICK, L.; HUFFMAN, A. Introdução Ilustrada à Física. São Paulo: Harbra LTDA, 1994.
3. HEWITT, Paul G., Física conceitual. Porto Alegre. Editora: Bookman, 9ª Edição, 2002.
4. VEIT, Angela E. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? Física na Escolas, v. 6, n. 1, p. 69–74, 2005.
5. VERAS, Marcelo (org.) Inovação e métodos de ensino para nativos digitais. São Paulo: Atlas, 2011.
6. Vídeos denominado: Descobrimos a Física. Disponível no endereço: https://www.youtube.com/watch?v=317Zb-_jzBE. Acessado em: 10/01/2015.
7. Vídeo denominado: Movimiento Rectilíneo. Disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=ZtyFRdTvOGA>. Acessado em: 10/01/2015.
8. Vídeo denominado: O que é um vídeo?. Disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=RvFGze3R30I>. Acessado em: 11/05/2015.

Apêndice D

Plano de aula – Construção do foguete

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – PÓLO 35

EDENILSON ORKIEL

Plano de aula experimental
Construindo um foguete caseiro

Ponta Grossa - 2015

1. IDENTIFICAÇÃO

Escola: Colégio Estadual Francisco Ramos.

Curso: Ensino Médio.

Disciplina: Física.

Professor: Edenilson Orkiel.

Série / Ano letivo: 1ª série / 2015.

Carga horária: 4 horas-aula (150 minutos).

2. ASSUNTO

O presente plano de atividade experimental visa a construção de um foguete movido a água e ar comprimido. O lançamento do foguete será filmado com a finalidade de adquirir os dados necessários para a descrição do seu movimento. Estes dados serão obtidos através da análise dos vídeos filmados. Para a vídeo análise será usado o programa *Tracker*.

3. COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica, apresentando de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem;
- Identificar regularidades. Observar, compreender o conceito de fazer hipóteses, testar, para desenvolver o senso de investigação científica;
- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas presentes no modelo Físico mais adequado para descrever os movimentos e suas limitações.

4. OBJETIVOS

- Construir um foguete movido a ar comprimido e água com finalidade de usá-lo no estudo do modelo Físico criado para descrever o movimento dos corpos presentes no cotidiano;
- Associar o movimento oblíquo aos movimentos com aceleração e sem aceleração para fazer a ligação entre conceitos do conteúdo estruturante movimentos, que os estudantes da educação básica têm dificuldades em relacionar.

5. MOMENTOS DA AULA

5.1. INCENTIVAÇÃO (20 minutos)

O início da primeira aula ocorre com a exibição da filmagem do lançamento do ônibus espacial Discovery, presente no endereço eletrônico <http://www.youtube.com/watch?v=VfplbzJIQUw>. Esta exibição tem sentido motivacional para os alunos, para instigar a curiosidade de saber mais sobre o assunto. O ônibus espacial Discovery decola do Centro Espacial Kennedy, em Cabo Canaveral, Flórida, em 24 de fevereiro de 2011. O Discovery foi lançado em órbita em seu vôo final para uma missão de 11 dias rumo à Estação Espacial Internacional. Após a exibição do vídeo, a aula continua com a apresentação que trabalhará com os conceitos relativo ao funcionamento de foguetes e os passos necessários para cada equipe construir seu foguete movido a água e ar comprimido. Tais assuntos estão em anexo como material didático.

5.2. DESENVOLVIMENTO (30 minutos).

O desenvolvimento detalhado dos procedimentos experimentais para a construção do foguete movido a ar comprimido encontra-se em anexo ao fim do presente trabalho.

5.3. SÍNTESE INTEGRADORA (100 minutos).

Se constituirá da filmagem e análise do lançamento do foguete que cada grupo construiu. As filmagens serão analisadas com o programa *Tracker* e posteriormente os alunos terão que preencher a ficha de análise dos gráficos obtidos com o programa *Tracker*, e responder a um questionário acerca do que eles observaram após a conclusão das atividades propostas. O questionário encontra-se em anexo como material didático. Por último também os alunos deverão responder o questionário opinativo sobre as aulas diferenciadas das quais participaram. Este questionário encontra-se no material didático em anexo e foi transcrito, com algumas modificações, da dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da aluna Valéria Cristina Lima da Silva do programa de pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, ano de 2009.

6. AVALIAÇÃO

A avaliação dos conteúdos estudados consistirá do questionário respondido, da ficha de análise dos gráficos preenchida e do *print screen* da tela do programa *Tracker* contendo a análise do movimento do foguete que cada grupo lançou. Também fará parte da avaliação as discussões que surgirem em cada grupo e entre os grupos sobre os valores e conclusões que são observados experimentalmente, a partir do movimento do foguete e sua análise com o programa *Tracker*.

7. RECURSOS FÍSICOS

- 5 bicos de pneu de bicicleta;
- 10 metros de mangueira de silicone;
- 5 capas de pé de cadeira;
- 3 placas finas de isopor;
- 1 trena;
- 1 bomba de encher pneu de bicicleta;
- 4 tintas spray de diversas cores;
- 2 colas dupla face;
- 10 garrafas pet vazias;
- 5 rolhas de borracha;
- 1 cola universal;
- 5 estiletes;
- 5 tesouras;
- 1 toner preto e colorido;
- 10 abraçadeiras de metal;
- 1.000 folhas tamanho A4;
- Livro: Física Conceitual. Paul G. Hewitt.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. CAVALCANTE, M. A. & TAVOLARO, C.R.C Física Moderna Experimental. São Paulo: Editora Manole, 2007.
2. LIMA DA SILVA, Valéria Cristina, Material de apoio para a aplicação da proposta: A utilização de protótipos de mini-foguetes como estratégia da promoção da aprendizagem significativa das Leis do Movimento de Newton no nível médio. Universidade de Brasília. Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. Brasília. 2009.
3. GONICK, L.; HUFFMAN, A. Introdução Ilustrada à Física. São Paulo: Harbra LTDA, 1994.
4. HEWITT, Paul G., Física conceitual. Porto Alegre. Editora: Bookman, 9ª Edição, 2002.
5. JAMES, Alves de Souza. Um foguete de garrafas pet. Física na Escola, v. 2, n. 2, p. 04–11, 2007.
6. NUSSENZVEIG, H. Moysés, Curso de Física Básica - Fluidos, Oscilações, Ondas e Calor. Editora Edgard Blücher LTDA, v. 2, 4ª ed. 2002.
7. VEIT, Angela E. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? Física na Escola, v. 6, n. 1, p. 69–74, 2005.
8. VERAS, Marcelo (org.) Inovação e métodos de ensino para nativos digitais. São Paulo: Atlas, 2011.
9. Vídeo denominado: Lançamento Discovery (ônibus espacial) Audio Extremo HD. Disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=Vfp1bzJlQUw>. Acessado em: 20/02/2015.

Apêndice E

Material didático - Movimento

1. MOVIMENTO.

1.1. Conceitos básicos. (15 minutos)

É necessário definir alguns conceitos que serão empregados no decorrer dos textos seguintes:

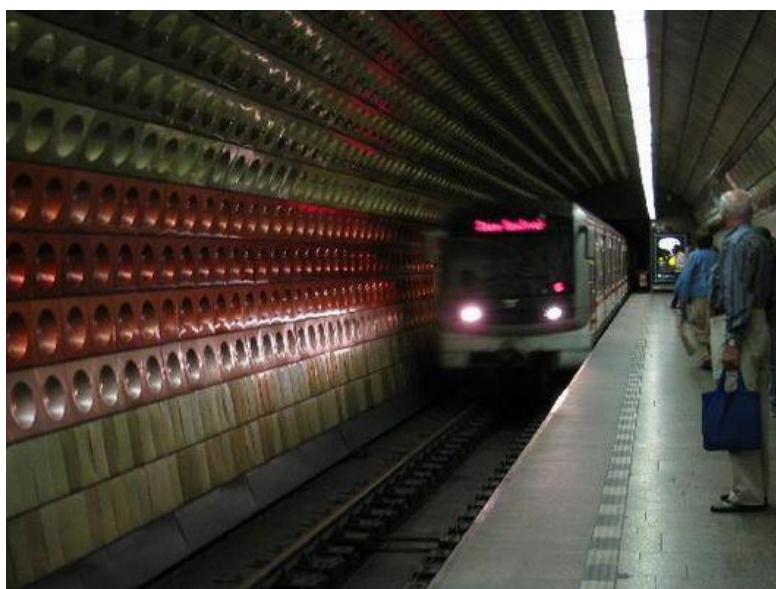
- **Posição:** Local onde o móvel se encontra em relação aos eixos orientados, relativamente a um ponto de referência, geralmente tomado como a origem, que corresponde, bidimensionalmente, a $x = 0$ e $y = 0$;
- **Movimento:** O movimento de um objeto consiste na mudança de sua posição com o decorrer do tempo;
- **Trajatória:** Lugar geométrico dos pontos do espaço que objeto se movimentando ocupa com o passar do tempo;
- **Referencial:** Consiste do local onde o movimento é observado. A trajetória e a condição de o móvel estar ou não em movimento dependem do referencial adotado;
- **Distância percorrida:** Quantidade, em unidades de medida de comprimento, que o móvel andou em relação a sua origem. Independente do sentido do movimento;
- **Deslocamento:** Corresponde à variação da posição que o objeto se encontra em relação a posição na qual ele iniciou o movimento.

1.2. Velocidade média e Velocidade instantânea. (20 minutos)

O movimento é relativo e tudo se move. Mesmo as coisas que parecem estar em repouso. Enquanto você está lendo isto, você está se movendo a aproximadamente a 107.000 quilômetros por hora em relação ao sol. Quando discutimos o movimento de algo, temos que fazê-lo em relação a alguma outra coisa. Se você caminha no corredor de um ônibus em movimento, sua rapidez em relação

ao piso do ônibus é completamente diferente de sua rapidez em relação à estrada. Por exemplo, na figura 01, em relação à estação, o metrô e as pessoas estão se movendo? E em relação ao metrô, a estação e as pessoas estão em movimento? A resposta seria: depende do referencial adotado para a análise do movimento em questão.

Figura 01 – Relação entre movimento e referencial adotado para a análise de corpos se movimentando. Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/discovirtual/aulas/15333/imagens/relativo07.jpg>. Acessada em: 10/06/2015.

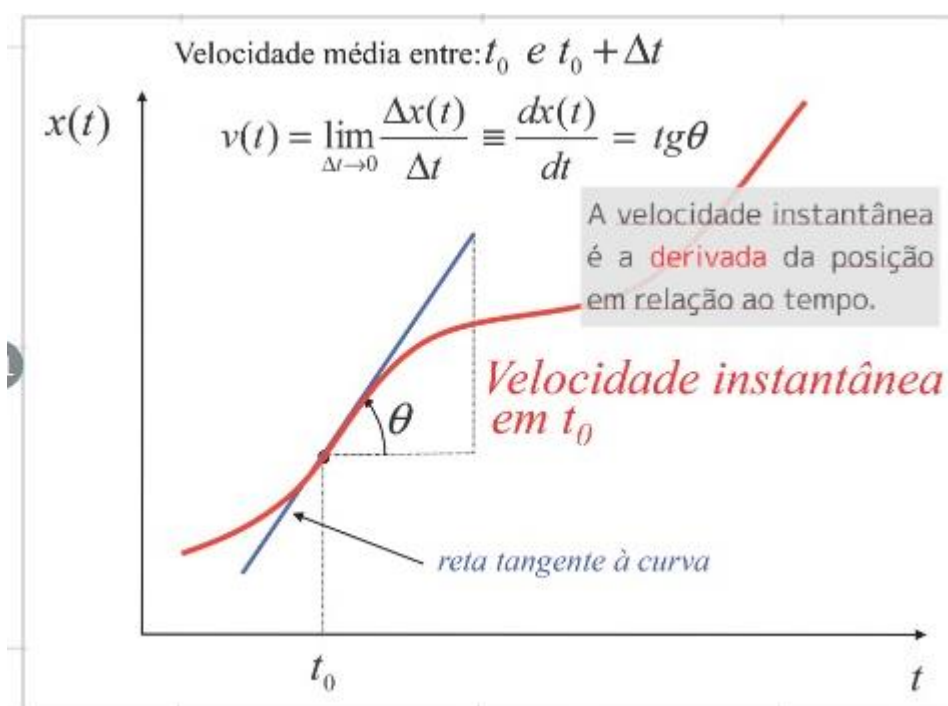


Quando dizemos que a rapidez de um carro de corrida é de 300 km/h, queremos dizer que tal rapidez é relativa à estrada. Portanto, a menos que outra coisa seja dita, sempre que nos referirmos à rapidez com que se movem as coisas em nosso ambiente, estaremos usando como referencial a superfície da Terra. O movimento é relativo.

A rapidez pode ser definida como sendo a medida de quão rapidamente alguma coisa se move, ou seja, é a medida da unidade de distância dividida por uma unidade de tempo. A palavra “rapidez”, utilizada até agora, é sinônimo de outra palavra, a velocidade. Que pode ser empregada quando consideramos o sentido e a direção do móvel. Quando algo se move com rapidez constante ou velocidade constante, distâncias iguais são percorridas em intervalos de tempo iguais, mas só se a direção e sentido não se alterarem durante o movimento. Por outro lado, velocidade constante e rapidez constante, podem ser muito diferentes. Velocidade constante significa

rapidez constante, mas sem nenhuma mudança na direção e sentido. Um carro que percorre uma curva com rapidez constante não tem velocidade constante, pois sua velocidade varia quando muda de direção. A palavra velocidade será utilizada daqui em diante.

Figura 02 - Inserção de conceitos básicos de derivada para determinar a velocidade média e a velocidade instantânea. Fonte: O autor.



Se queremos saber a velocidade em um exato instante de tempo, devemos fazer o limite da variação do espaço delta x (Δx) pela variação de tempo delta t (Δt), se aproximando infinitesimalmente de (t_0). Fazendo isso temos a rapidez instantânea ou velocidade instantânea:

$$velocidade = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}}$$

Você pode verificar a velocidade instantânea de um carro em cada instante que olha no velocímetro. Um carro viajando a 50 km/h se mantivesse esta velocidade por 1 hora, cobriria a distância de 50 km. Entretanto, é muito pouco provável que qualquer móvel tenha sempre a mesma velocidade para todos os instantes de tempo que

formos medi-la. A velocidade pode variar bastante. Mas, em uma viagem, o motorista estima o tempo que ela vai durar. Isto é possível conhecendo a velocidade média:

$$\text{velocidade média} = \frac{\text{distância percorrida}}{\text{intervalo de tempo}}$$

As combinações de unidades para distância e tempo são válidas para medir a velocidade, como quilômetros por hora $\left(\frac{km}{h}\right)$, milhas por hora $\left(\frac{mi}{h}\right)$, metros por segundo $\left(\frac{m}{s}\right)$.

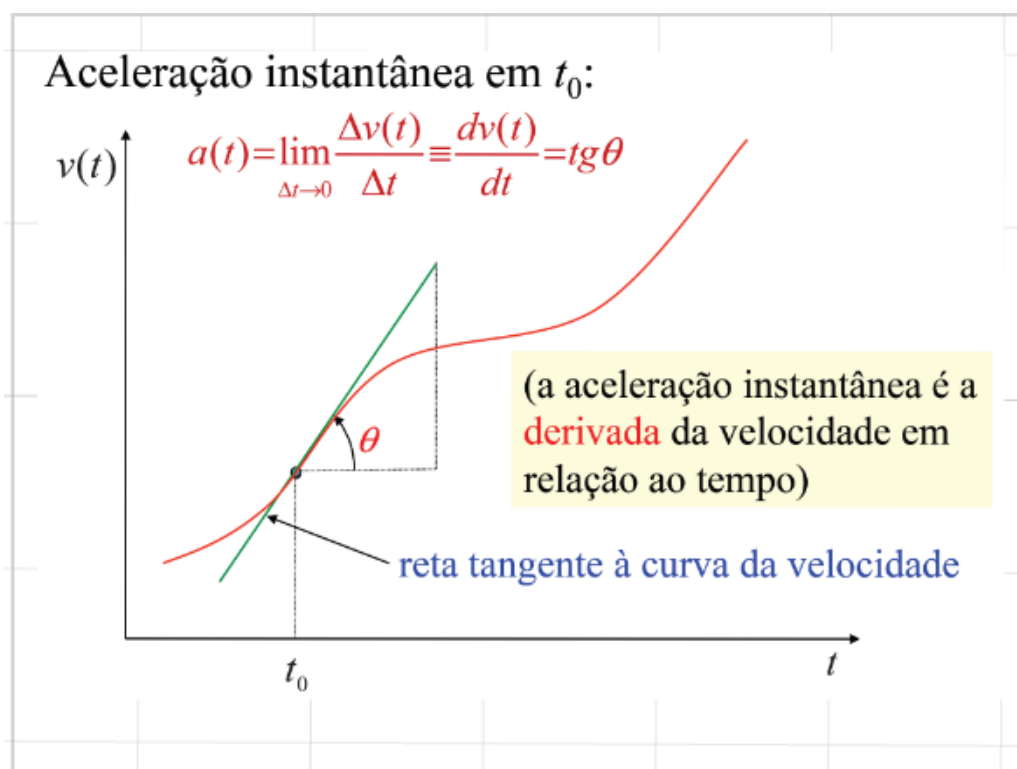
Para se fazer a transformação entre as unidades mais usuais pode seguir a seguinte regra:

Se quisermos transformar de $\left(\frac{km}{h}\right)$ para $\left(\frac{m}{s}\right)$ divide o valor de velocidade a ser transformado pelo número 3,6. Para transformar de $\left(\frac{m}{s}\right)$ para $\left(\frac{km}{h}\right)$ deve ser multiplicado o valor de velocidade a ser transformado pelo número 3,6.

1.3. Aceleração. (20 minutos)

Podemos alterar a velocidade de alguma coisa mudando a rapidez do seu movimento, modificando a sua direção, ou ambos. O quão rapidamente muda a velocidade chama-se aceleração:

Figura 03 - Conceito de derivada aplicado à definição da aceleração. Fonte: O autor.



$$\text{aceleração} = \frac{\text{variação da velocidade}}{\text{intervalo de tempo}}$$

A ideia chave que define a aceleração é a variação. Suponha que estamos dirigindo e que em 1 segundo aumentamos nossa velocidade de 30 km/h para 35 km/h, no próximo segundo para 40 km/h, depois para 45 km/h durante o próximo segundo e assim por diante. Estamos variando a nossa velocidade em 5 km/h a cada segundo. Esta mudança na velocidade é o que chamamos de aceleração. Observe que a unidade de tempo aparece duas vezes. Uma na unidade de velocidade e outra para o intervalo de tempo em que ocorreu a variação de velocidade. Portanto as unidades utilizadas terão o seguinte aspecto: $\left(\frac{\text{km}}{\text{h}^2}\right)$; $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$. Note também que a aceleração não é apenas a variação total da velocidade; ela é igual a taxa de variação com o tempo, ou variação por segundo, da velocidade. O termo aceleração aplica-se tanto para diminuição ou aumento da velocidade, sendo que é bastante comum

encontrar o termo desaceleração quando a velocidade diminui com a passagem do tempo.

Estamos acelerados sempre que nos movimentamos numa trajetória curva, ainda que nos movimentemos com uma rapidez constante, porque nossa direção está mudando e vem daí que nossa velocidade está mudando também.

1.4. Movimento com aceleração e sem aceleração. (50 minutos)

Se você olhar ao seu redor, quase a totalidade das coisas que se movimentam de alguma maneira apresentam algum valor de aceleração que pode mudar a qualquer momento. Movimentos que apresentam velocidade exatamente constante, consequentemente não possuindo aceleração, são raros, como a velocidade da luz. Entretanto, podemos considerar movimentos que são quase constantes, como os ponteiros de um relógio, o movimento de rotação dos planetas, uma escada rolante, etc.

Um móvel que se movimenta e que supostamente não possui aceleração, como consequência vai apresentar velocidade constante. Para descrever o comportamento deste móvel precisamos saber de onde ele partiu, que é a posição inicial, e o valor de sua velocidade constante. Com estas informações conseguimos saber a sua posição em qualquer instante de tempo. Também poderemos saber quando tempo leva para ele chegar até certa posição que se deseja. Por exemplo, para encontrar a posição que ele se encontra em certo tempo:

$$\textit{posição final} = \textit{posição inicial} + (\textit{velocidade} \times \textit{tempo})$$

Para todos os outros movimentos, que possuem algum valor de aceleração diferente de zero, temos que a sua velocidade vai aumentar ou diminuir com o passar do tempo, como em um veículo que pode acelerar, aumentando sua velocidade com o passar do tempo, ou desacelerar, diminuindo sua velocidade com o passar do tempo. Para tal móvel, podemos saber informações acerca de sua velocidade pensando da seguinte maneira:

$$velocidade\ final = velocidade\ inicial + (aceleração \times tempo)$$

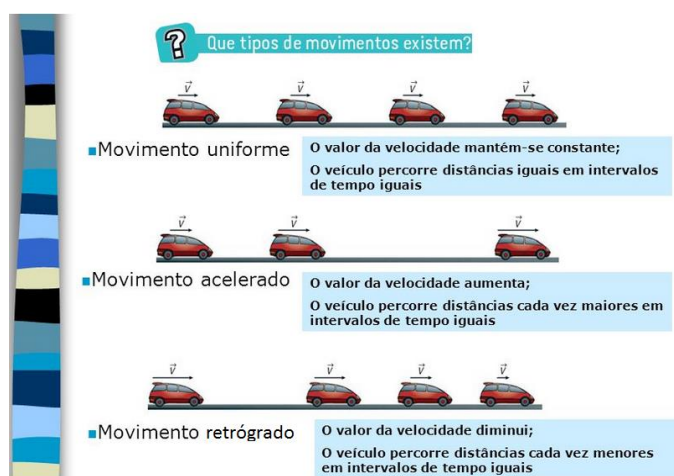
E podemos obter informações acerca de sua posição com o passar do tempo da seguinte forma:

$$posição\ final = posição\ inicial + velocidade\ inicial \times tempo + \frac{aceleração \times (tempo)^2}{2}$$

A equação acima é de segundo grau por possuir dependência da variação da velocidade e da posição com o tempo. Isto acontece justamente porque o movimento apresenta algum valor de aceleração, que deve ser constante para que o nosso modelo que descreve os movimentos funcione.

Na figura 4 encontra-se de modo simplificado a classificação de cada um dos tipos de movimento segundo a variação da velocidade, ou existência ou não de aceleração.

Figura 04 - Classificação do movimento dos corpos. Fonte: http://images.slideplayer.com.br/3/1257833/slides/slide_11.jpg. Acessado em: 06/06/2015.



1.5. Equação de Torricelli. (15 minutos)

Muitas vezes não dispomos dos valores referentes ao tempo, para caracterizar o movimento de certo corpo. A equação de Torricelli nos auxilia justamente neste ponto. Poderemos obter informações acerca do deslocamento do objeto, aceleração e variação da velocidade, mesmo sem existir valores do tempo decorrido enquanto o corpo se movimenta.

Esta relação surge da junção de duas equações vistas anteriormente:

A equação da velocidade para o movimento acelerado:

$$velocidade = velocidade\ inicial + (aceleração \times tempo)$$

Podemos escrever as equações de uma maneira simplificada, substituindo as palavras por símbolos que as identificam, como mostrado na sequência.

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

E a equação da posição para o movimento acelerado:

$$posição = posição\ inicial + velocidade\ inicial \times tempo + \frac{aceleração \times (tempo)^2}{2}$$

também pode ser condensada da seguinte maneira:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot (t)^2}{2}$$

Para chegar a mesma conclusão que Torricelli encontrou, usamos a equação horária da velocidade, dada por:

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

Podemos isolar a variável tempo (t), de onde obtemos:

$$t = \frac{V - V_0}{a}$$

Ao isolar a variável tempo na equação horária da velocidade, basta substituir essa variável na equação horária dos espaços, chegando à expressão abaixo:

$$x - x_0 = V_0 \cdot \left(\frac{V - V_0}{a} \right) + \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{V - V_0}{a} \right)^2$$

$$x - x_0 = \frac{V_0 \cdot V - V_0^2}{a} + \frac{a \cdot (V^2 - 2 \cdot V \cdot V_0 + V_0^2)}{2 \cdot a^2}$$

$$\Delta x = \frac{2V_0 \cdot V + V^2 - 2 \cdot V \cdot V_0 + V_0^2}{2 \cdot a}$$

$$\Delta x = \frac{V^2 - V_0^2}{2 \cdot a}$$

$$V^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x$$

Ou

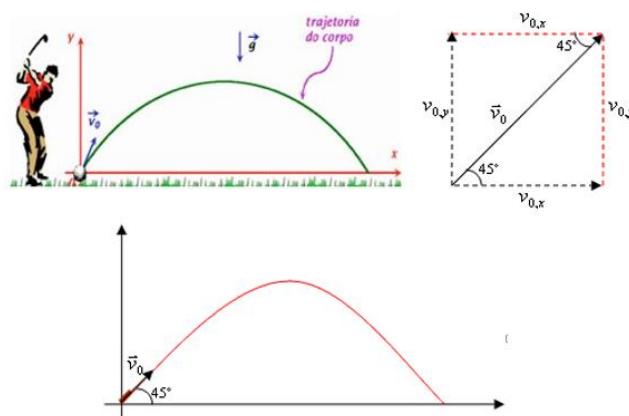
$$(\text{velocidade final})^2 = (\text{velocidade inicial})^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x$$

A equação acima é conhecida como equação de Torricelli.

1.6. Lançamento Oblíquo. (30 minutos)

O lançamento oblíquo consiste no lançamento de um projétil em que este faz um ângulo qualquer em relação a um referencial (geralmente o solo). Um esquema ilustrativo pode ser representado abaixo:

Figura 05 - Esquema ilustrativo de lançamento oblíquo. Fonte: O autor.



Nesse lançamento alguns cuidados devem ser tomados:

1. Deve-se tomar bastante atenção na decomposição do vetor velocidade;
2. O lançamento oblíquo obedece ao princípio da decomposição do movimento.

O princípio da decomposição do movimento diz: Todo movimento complexo pode ser decomposto em vários movimentos mais simples sempre que possível. Assim o lançamento oblíquo por estar sobre dois eixos e sob a ação da aceleração da gravidade pode ser decomposto em dois movimentos mais simples.

- Eixo y: O movimento presente no eixo y será o de queda livre;
- Eixo x: O movimento presente no eixo x será o movimento uniforme.

A conclusão que se pode tirar é de que a análise separadamente dos movimentos de cada eixo corresponde a análise do lançamento oblíquo de forma integral.

Usando os símbolos formais para cada grandeza, podemos obter alguns resultados teoricamente para o lançamento de projéteis:

1. Através da equação de Torricelli e sabendo-se que a velocidade final é nula, encontramos que a altura máxima é dada por ($y_{máx}$):

$$0 = V_{0y}^2 - 2g\Delta y \rightarrow \Delta y = \frac{V_{0y}^2}{2g} \rightarrow y_{máx} = \frac{V_{0y}^2}{2g}$$

$$y_{máx} = \frac{(V_0 \cdot \sin\theta)^2}{2 \cdot g}$$

2. A partir da equação horária da velocidade para movimentos acelerados e fazendo a velocidade final igual a zero, temos o tempo de subida, que é igual ao tempo de queda:

$$0 = V_{0y} - g \cdot t_s \rightarrow t = \frac{V_0 \cdot \sin\theta}{g}$$

Sendo o tempo de voo igual a soma do tempo de subida com o tempo de descida, obtém-se o tempo que o projétil permanece no ar (t_{ar}):

$$t_{ar} = \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin\theta}{g}$$

3. Alcance máximo ($R = x_{m\acute{a}x}$) ocorre quando o tempo (t) é igual ao tempo de voo (t_{ar}). Portanto, devemos substituir o tempo de voo na equação da posição para o movimento acelerado que ocorre no eixo y, temos:

$$0 = 0 + V_0 \cdot \sin\theta t_{ar} - \frac{1}{2} g \cdot t_{ar}^2$$

$$V_0 \cdot \sin\theta = \frac{1}{2} g \cdot t_{ar}$$

$$t_{ar} = \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin\theta}{g}$$

O tempo de voo (t_{ar}) encontrado com as informações para o eixo y, deve ser associado a equação de movimento horizontal uniforme, que ocorre no eixo x:

$$x_{m\acute{a}x} = V_0 \cdot \cos\theta t_{ar}$$

$$x_{m\acute{a}x} = \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin\theta \cdot V_0 \cdot \cos\theta}{g}$$

Usando a identidade trigonométrica ($\sin 2\theta = 2 \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta$) na equação acima, chegamos ao alcance máximo ($x_{m\acute{a}x}$):

$$x_{m\acute{a}x} = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g}$$

Apêndice F

Material didático – Construção do foguete

1. LANÇAMENTO DE FOGUETES.

1.1. HISTÓRICO.

A origem do foguete é provavelmente oriental. A primeira notícia que se tem do seu uso é do ano 1232, na China, onde foi inventada a pólvora. Existem relatos do uso de foguetes chamados flechas de fogo voadoras no século XIII, na defesa da capital da província chinesa de Henan. Os foguetes foram introduzidos na Europa pelos árabes. Durante os séculos XV e XVI foi utilizado como arma incendiária. Posteriormente, com o aprimoramento da artilharia, o foguete bélico desapareceu até ao século XIX, e foi utilizado novamente durante as Guerras Napoleônicas.

Nos finais do século XIX e princípios do século XX, apareceram os primeiros cientistas que viram o foguete como um sistema para propulsionar veículos aeroespaciais tripulados. Entre eles destacam-se o russo Konstantin Tsiolkovsky, o alemão Hermann Oberth e o estadunidense Robert Hutching Goddard, e, mais tarde os russos Sergei Korolev e Valentin Gruchensko e o alemão Wernher von Braun. Os foguetes construídos por Goddard, embora pequenos, já tinham todos os princípios dos modernos foguetes, como orientação por giroscópios, por exemplo.

Os alemães, liderados por Wernher von Braun, desenvolveram durante a Segunda Guerra Mundial os foguetes V-1 e V-2 (A-4 na terminologia alemã), que foram a base para as pesquisas sobre foguetes dos EUA e da URSS no pós-guerra. Ambas as bombas nazistas, usadas para bombardear Paris e Londres no final da guerra, podem ser mais bem definidas como míssil.

Figura 01 – Motor de foguete V1. Fonte: http://historicspacecraft.com/rocket_engines.html. Acessado em: 10/02/2015.



Figura 02 – Motor de foguete V2.
Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:V2_engine.jpg. Acessado em 10/02/2015.



A rigor, a V-1 não chega a ser um foguete, mas um míssil que voa como avião a jato. Inicialmente foram desenvolvidos foguetes especificamente destinados para uso militar, normalmente conhecidos como mísseis balísticos intercontinentais. Os programas espaciais que os estadunidenses e os russos colocaram em marcha basearam-se em foguetes projetados com finalidades próprias para a astronáutica, derivados destes foguetes de uso militar. Particularmente os foguetes usados no programa espacial soviético eram derivados do R.7, míssil balístico, que acabou sendo usado para lançar as missões Sputnik.

Destacam-se, pelo lado estadunidense, o Astrobee, o Vanguard, o Redstone, o Atlas, o Agena, o Thor-Agena, o Atlas-Centauro, a série Delta, os Titãs e Saturno (entre os quais o Saturno V, o maior foguete de todos os tempos, que tornou possível o programa Apollo), e, pelo lado soviético, os foguetes designados pelas letras A, B, C, D e G (estes dois últimos tiveram um papel semelhante aos Saturnos estadunidenses), denominados Proton. Outros países que construíram foguetes, num programa espacial próprio, são a França, o Reino Unido (que o abandonou), e ainda China, Japão, Índia e o Brasil assim como o consórcio europeu que constituiu a Agência Espacial Européia (ESA) que construiu e lançou o foguete Ariane.

Quanto ao tipo de combustível usado, existem três tipos de foguete:

- Foguete de combustível líquido - em que o propelente e o oxidante estão armazenados em tanques fora da câmara de combustão e são bombeados e misturados na câmara onde entram em combustão;
- Foguete de combustível sólido - em que ambos, propelente e oxidante, estão já misturados na câmara de combustão em estado sólido.
- Foguete de combustível híbrido - em que propelente e oxidante estão em câmaras separadas e em estados diferentes: líquido/sólido ou gasoso/sólido. Atualmente encontra-se em estado de testes em países como EUA e Brasil.

Quanto ao número de estágios, um foguete pode ser:

- Foguete de um estágio - neste caso o foguete é "monolítico";
- Foguete de múltiplos estágios - possui múltiplos estágios que vão queimando em sequência e sendo descartados quando o combustível acaba, permitindo aumentar a capacidade de carga do foguete.

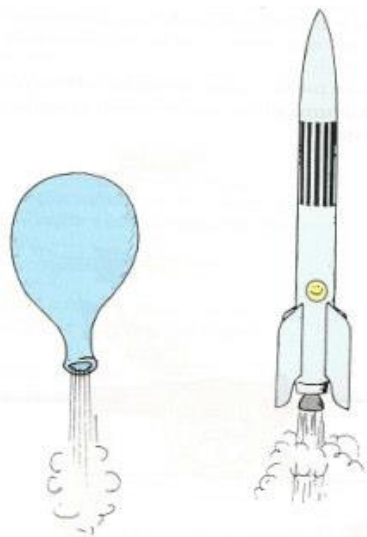
1.2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.

O princípio de funcionamento do motor de foguete baseia-se na terceira lei de Newton, a lei da ação e reação, que diz que "a toda ação corresponde uma reação, com a mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário".

Imaginemos uma câmara fechada onde exista um gás em combustão. A queima do gás irá produzir pressão em todas as direções. A câmara não se moverá em nenhuma direção pois as forças nas paredes opostas da câmara irão se anular. Se introduzirmos um bocal na câmara, onde os gases possam escapar, haverá um desequilíbrio. A pressão exercida nas paredes laterais opostas continuará não produzindo força, pois a pressão de um lado anulará a do outro. Já a pressão exercida na parte superior da câmara produzirá empuxo, pois não há pressão no lado de baixo (onde está o bocal). Assim, o foguete se deslocará para cima por reação à pressão exercida pelos gases em combustão na câmara de combustão do motor. Por isto este tipo de motor é chamado de propulsão por reação. Como no espaço exterior não há oxigênio para queimar com o combustível, o foguete deve levar armazenado em tanques não só o propelente (combustível), mas também o oxidante (comburente). A magnitude do empuxo produzido (expressão que designa a força produzida pelo motor de foguete) depende da massa e da velocidade dos gases expelidos pelo bocal. Logo, quanto maior a temperatura dos gases expelidos, maior o empuxo. Assim, surge o problema de proteger a câmara de combustão e o bocal das altas temperaturas produzidas pela combustão. Uma maneira engenhosa de fazer isto é usar um fino jato do próprio propelente usado pelo foguete nas paredes do motor, para formar um isolante térmico e refrigerar o motor.

O funcionamento de um foguete pode ser associado ao de um balão de ar. Uma vez cheio, o ar é liberado, o balão se desloca no sentido contrário ao da saída do ar. Um foguete ao ser disparado para o espaço funciona exatamente como um balão. Isso ocorre devido aos foguetes funcionarem baseados na Terceira Lei de Newton, a lei da ação e reação. Essas forças são iguais em intensidade e direção, porém tem sentidos contrários.

Figura 03 - Princípio do funcionamento de um balão e do foguete. Fonte: Livro Fundamentos de Física Conceitual - Paul G. Hewitt



Os foguetes consistem basicamente, em um projétil que leva combustível sólido ou líquido no seu interior. Esse combustível é descarregado continuamente na câmara de combustão e são expelidos para trás na abertura na traseira. Essa expulsão do combustível resulta no deslocamento do foguete para frente.

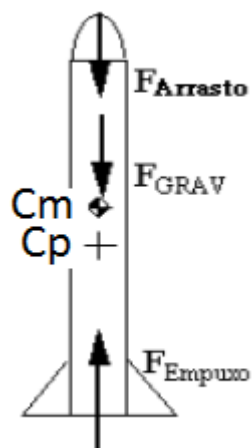
Para a propulsão de um foguete de pet são necessários três dispositivos básicos: o disparador, a bomba de ar e o foguete de garrafa. Com os dispositivos acoplados basta injetar com água aproximadamente $\frac{1}{3}$ do volume da garrafa. A seguir, com a bomba, coloca-se ar no interior da garrafa a certa pressão estabelecida. Finalmente, aciona-se o dispositivo de disparo. A água é expelida impulsionando o foguete na direção oposta com grande velocidade.

1.3. CONTROLE E ESTABILIDADE DOS FOGUETES.

A estabilidade de um foguete é a capacidade de manter sua trajetória. Depende de dois pontos importantes: o centro de massa e do centro de pressão. O centro de pressão é definido como o ponto onde atua a resultante das forças aerodinâmicas, as quais o foguete está sujeito. A determinação do ponto de pressão depende do comprimento da ponta do foguete, do comprimento do foguete e das dimensões e formas das aletas. O foguete manterá sua estabilidade e sua trajetória se o centro de pressão (CP) estiver abaixo do centro de massa (CM). O centro de massa deve ser

localizado próximo a ponta do foguete; nessas condições, mesmo o foguete sofrendo turbulências que gerem forças laterais, terá sua trajetória estabilizada.

Figura 04 - Localização do CM e CP do foguete. Fonte: http://www.barney1.hpg.ig.com.br/Tubeira/P_tubeira.htm



As aletas laterais, também auxiliam no controle e estabilidade do foguete modificando a resistência do ar, fazendo com que o mesmo siga a trajetória projetada, ou em linha reta ou girando.

Figura 05 - Foguete se deslocando em linha reta ou girando. Fonte: Livro Universo – Ciência e Tecnologia com Criatividade (CTC).



1.4. A EQUAÇÃO GERAL DO FOGUETE.

Vimos que a massa no instante t , de um foguete se deslocando com velocidade (v) em relação à Terra, descarregando sua massa a uma taxa $R = \left| \frac{dm}{dt} \right|$ é:

$$m(t) = m_0 - Rt$$

sendo (m_0) sua massa inicial (massa do foguete vazio + massa de combustível) no tempo

$t = 0$. O seu momento no instante t é:

$$p_i = mv$$

Logo após, no instante $t + dt$, a massa expelida pelo foguete será Rdt . Se a velocidade de descarga do combustível do foguete é (v_e) , sua velocidade em relação à Terra será $v - v_e$ e o foguete terá massa $m - Rdt$ e velocidade $v + dv$. Logo, o momento do sistema será:

$$p_f = (m - Rdt)(v + dv) + Rdt(v - v_e) = mv + mdv - vRdt - Rdt dv + vRdt - v_e Rdt$$

Na equação acima, o produto $dt dv$ pode ser desprezado em comparação com os outros por se tratar de um produto de dois valores infinitesimais. O momento passa a ser:

$$p_f \cong mv + mdv - v_e Rdt$$

Logo, a variação do momento é:

$$dp = p_f - p_i = mdv - v_e Rdt \rightarrow \frac{dp}{dt} = m \frac{dv}{dt} - Rv_e$$

Como $F_{ext} = \frac{dp}{dt}$ é a resultante das forças externas sobre o foguete, então a equação geral do foguete é:

$$F = m \cdot a = m \frac{dv}{dt} = Rv_e + F_{ext}$$

Na equação acima, a grandeza representada pelo produto da taxa de descarga do combustível (R) pela velocidade de descarga do combustível (v_e) é definido como força de empuxo do foguete (F_e). É a força responsável pelo deslocamento do foguete para cima.

$$F_e = Rv_e$$

A equação geral pode assumir outras formas, dependendo das condições em que o foguete será lançado.

(a) Ausência de forças sobre o foguete, ou seja, o foguete estará parado em relação a um referencial inercial ou estará em movimento retilíneo uniforme;

$$m \frac{dv}{dt} = 0$$

(b) O foguete estará sob ação de empuxo constante e livre da ação do efeito gravitacional e da força de resistência do ar;

$$m \frac{dv}{dt} = Rv_e$$

(c) O foguete estará sob as ações do empuxo e da ação do campo gravitacional, e livre da força de resistência do ar;

$$m \frac{dv}{dt} = Rv_e - mg$$

(d) O foguete estará em baixa velocidade sob a ação do empuxo, da gravidade e da força de arrasto aerodinâmico;

$$m \frac{dv}{dt} = Rv_e - mg - k_1 v$$

(d) O foguete estará em alta velocidade sob a ação do empuxo, da gravidade e da força de arrasto aerodinâmico.

$$m \frac{dv}{dt} = Rv_e - mg - k_2 v^2$$

1.5. SISTEMAS FÍSICOS DE MASSA VARIÁVEL.

Pode se considerar que a maioria dos sistemas físicos que estudamos tem sua massa constante. No caso dos foguetes isso não acontece. Os foguetes são denominados sistemas de massa variável em razão da descarga contínua do seu combustível. A descarga do combustível faz com que o foguete seja impulsionado sob a ação de uma força contínua, em sentido contrário ao do deslocamento do combustível.

Vamos considerar um foguete se deslocando com uma velocidade de intensidade v em relação à superfície da Terra descarregando seu combustível a uma taxa constante $R = \left| \frac{dm}{dt} \right|$. Então a massa do foguete no instante (t) é:

$$R = \left| \frac{dm}{dt} \right| \rightarrow R = \int_{t_0}^t R dt \rightarrow m(t) = m_0 - Rt$$

sendo (m) a massa do foguete num dado instante (t) ; (m_0) a massa inicial do foguete (massa de combustível + massa do foguete vazio) e (R) é taxa de descarga do combustível.

Se o foguete descarrega todo o seu combustível de massa (m_a) em um tempo (t_a) e sua massa depois de todo o combustível descarregado for (m_f) , então o tempo de descarga do combustível do foguete será dado por:

$$m_f = m_0 - R t_a$$

$$t_a = \frac{m_0 - m_f}{R} = \frac{m_a}{R}$$

1.6. A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE NAS PROXIMIDADES DA TERRA.

Observando a expressão $g = \frac{GM}{d^2}$, em que $d = R + h$, vemos que a intensidade da aceleração da gravidade varia com a altitude. Porém, até 50 milhas náuticas dentro da atmosfera terrestre essa variação não é importante.

Vamos considerar que o foguete na superfície da Terra esteja sujeito a uma força gravitacional F_{g_0} que pode ser calculada pela expressão:

$$F_{g_0} = G \frac{Mm}{R^2} \quad \text{e} \quad F_{g_0} = mg_0 \rightarrow g_0 = G \frac{M}{R^2}$$

sendo (g_0) a aceleração da gravidade na superfície da Terra; (G) a constante da gravitação universal; (M) a massa da Terra; (m) a massa do foguete e (R) o raio da Terra. Agora em uma dada altitude em relação à superfície da Terra, o foguete estará sujeito a uma força gravitacional F_g que pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$F_g = G \frac{Mm}{(R+h)^2} \quad \text{e} \quad F_g = mg \rightarrow g = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

sendo (g) a aceleração da gravidade na altitude (h); (G) a constante da gravitação universal; (M) a massa da Terra; (m) a massa do foguete e (R) é o raio da Terra.

Comparando as expressões obtidas de (g) e (g_0) conclui-se que:

$$g_0 R^2 = g (R + h)^2 \rightarrow g = g_0 \left(\frac{R}{R + h} \right)^2$$

Na expressão obtida acima, vamos considerar que o raio da Terra é muito maior se comparado com a altitude alcançada pelo foguete. Tal aproximação nos leva a concluir que podemos considerar a intensidade da aceleração da gravidade, em uma altitude (h) muito menor que o raio da Terra, aproximadamente igual a sua intensidade na superfície da Terra. Matematicamente,

$$R \gg h \rightarrow g \cong g_0$$

É importante lembrar, que outros fatores também influenciam no valor da intensidade da aceleração da gravidade na superfície da Terra. A gravidade sofre influência do movimento de rotação da Terra, fato que pode ser constatado experimentalmente, medindo-se o valor da gravidade em função da latitude do lugar. Outro fator que influencia no efeito gravitacional é a morfologia local das rochas, fato comprovado por meio de estudos realizados em Geologia, com a utilização de técnicas de gravimetria. Por estes motivos, se utilizará para g , para fins de cálculos, o valor médio com a latitude variando de 0° até 90° que é de $9,80622 \text{ m/s}^2$, o qual aproximaremos para $9,81 \text{ m/s}^2$.

1.7. DESENVOLVIMENTO DE FOGUETES NO BRASIL.

Os veículos lançadores ou foguetes espaciais são peças fundamentais para o desenvolvimento da astronáutica, sendo capazes de lançar ao espaço instrumentos como sondas interplanetárias que revelam segredos de planetas distantes e satélites com variadas funções. O desenvolvimento desses veículos, orbitais e sub-orbitais, é de importância estratégica ao País, pois garante a necessária autonomia para o acesso ao espaço.

O Brasil, por meio do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE/CTA) e da indústria aeroespacial, concebeu e produziu um bem-sucedido conjunto de veículos de sondagem. Esses foguetes proporcionaram a realização de inúmeros experimentos científicos. O domínio da tecnologia dos foguetes de sondagem serviu de base para o desenvolvimento de um Veículo Lançador de Satélites (VLS), um artefato de quatro estágios, com cerca de 50 toneladas na decolagem, capaz de lançar satélites de 100

Kg a 350 Kg, em altitudes de 200 Km a 1000 Km. Já os foguetes de sondagem, são utilizados para missões sub-orbitais de exploração do espaço, capazes de lançar cargas-úteis compostas por experimentos científicos e tecnológicos. O Brasil possui veículos operacionais dessa classe, que suprem boa parte de suas necessidades, com uma história bem-sucedida de lançamento. O projeto iniciou-se em 1965, quando o foguete Sonda I fez o voo inaugural, constituindo-se no primeiro lançamento de um foguete nacional. Esse lançamento foi realizado no Campo de Lançamento de Foguetes da Barreira do Inferno (CLBI). Durante um período de 12 anos, foram realizados mais de 200 experimentos com foguetes desse tipo. A política de envolvimento crescente das universidades e centros de pesquisa no programa espacial vem acarretando uma demanda maior desses veículos, o que tem levado à continuação de sua produção.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.

A primeira etapa, antes de se iniciar a construção do foguete, é a distribuição dos materiais necessários para cada um dos grupos de alunos. Os materiais estão descritos no tópico recursos físicos e são mostrados na foto abaixo:

Essencialmente, para construir o foguete, cada grupo precisa dos materiais descritos abaixo. Sendo que outras ferramentas necessárias podem ser compartilhadas.

- 2 garrafas de plástico descartável de mesmo modelo;
- Fita dupla face;
- 2 metros de mangueira de silicone;
- Fita adesiva ou fita silver tape;
- Estilete;
- 2 abraçadeiras de metal;
- 1 tubo de caneta;
- 1 bico para pneu;
- 1 rolha de borracha;
- 1 folha de isopor.

Figura 06 – Materiais utilizados para construir o foguete movido a água e ar comprimido.
Fonte: O autor.



Para ficar mais fácil de acompanhar os passos necessários para a construção, a dividiremos em 2 partes. Na primeira parte será feito o corpo do foguete com sua base de lançamento, e na segunda parte, o sistema de lançamento.

Para fazer o corpo do foguete, começaremos com as duas garrafas de plástico, que devem ser iguais. Com o auxílio do estilete, iniciamos um corte a 4/5 do fundo de uma das garrafas de plástico e finalizamos com a tesoura, por medidas de segurança.

Figura 07 – Início do corte com o estilete. Fonte: O autor.



Figura 08 - Finaliza o corte em todo o diâmetro da garrafa com a tesoura. Fonte: O Autor.



No fim teremos a garrafa em duas metades.

Figura 09 - Duas metades da primeira garrafa. Fonte: O autor.



A metade da garrafa cortada que tem a tampa deve ser encaixada no fundo da outra garrafa que está inteira.

Figura 10 - Garrafa inteira com o fundo dentro da metade com tampa da garrafa cortada. Fonte: O autor.



Cola-se com fita a junção das garrafas para reforçar.

Figura 11 - Cola-se com fita adesiva a junção das garrafas. Fonte: O autor.



O corpo do foguete está praticamente pronto. A metade cortada que sobrou servirá de suporte para deixar o foguete em posição de lançamento. No interior da garrafa que está inteira será colocado água, para ser pressurizada e impulsionar o foguete.

Para que o suporte do foguete fique estável, devemos cortar pedaços de isopor, acompanhando os contornos da garrafa, e colar estes pedaços na base do foguete com fita dupla-face.

Figura 12 - Isopor em forma de aletas para estabilizar a base do foguete. Fonte: O autor.



O isopor deve ser cortado e colado na base do foguete.

Figura 13 - Pedaco de isopor para colar na base do foguete. Fonte: O autor.



Três aletas igualmente espaçadas e coladas na base de lançamento do foguete são suficientes para deixar ela estável. O aspecto final da base de lançamento é igual ao que está na imagem abaixo:

Figura 14 - Base de lançamento terminada. Fonte: O autor.



Ainda na base de lançamento do foguete deve ser feito um buraco para passar o cano de silicone que irá pressurizar o foguete.

Figura 15 - Espaço para passar o cano de silicone. Fonte: O autor.



Ainda falta fazer as 3 aletas de estabilização. As aletas devem ser coladas na parte do foguete que será lançada. Parecido com o que foi feito para as aletas de sustentação da base de lançamento, as aletas para o corpo do foguete são cortadas no isopor, acompanhando os contornos da garrafa e devem ser coladas com fita dupla face.

Figura 16 - Aletas de isopor para estabilizar o voo do foguete. Fonte: O autor.



Fazendo esta última etapa, terminamos a base de lançamento e o foguete.

Figura 17 - Base de lançamento e foguete finalizados. Fonte: O autor.



Na segunda etapa, construiremos o sistema de lançamento, que conectará a bomba de encher pneu de bicicleta com a parte inferior do foguete para pressurizar a mistura de ar e água dentro do foguete. Primeiro cortamos um pedaço do tubo de caneta e o inserimos dentro da rolha de borracha, passando cola no tubo para que fique firmemente preso.

Figura 18 - Ponta da mangueira de silicone que será inserido no bocal da garrafa pet. Fonte: O autor.



Depois colocamos o tubo de silicone na extremidade livre do tubo de caneta e o prendemos com uma abraçadeira de metal.

Figura 19 - Ponteira finalizado e presa com a abraçadeira ao tubo de silicone. Fonte: O autor.



Na outra ponta da mangueira de silicone, deve ser conectado o bico de pneu de bicicleta. Como ele apresenta uma capa de borracha espessa e não entra no tubo de

silicone, devemos remover o excesso de borracha do bico com a ajuda de um estilete, tomando cuidado com este procedimento para não se ferir. O ideal é o Professor providenciar este procedimento antecipadamente e levar os bicos prontos para os alunos usarem.

Figura 20 - Remoção do excesso de borracha do bico. Fonte: O autor.



Por último é só prender o bico com a abraçadeira de metal na extremidade do cano de silicone.

Figura 21 - Bico preso à mangueira de silicone. Fonte: O autor.



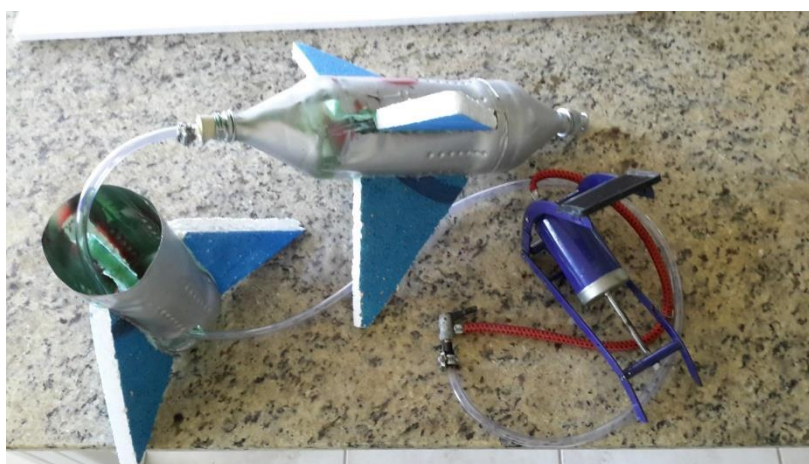
Concluindo, o cano de silicone com os terminais acoplados apresenta o seguinte aspecto:

Figura 22 – Aspecto final do cano de silicone com os terminais acoplados. Fonte: O autor.



Para colocar o foguete em funcionamento segue a sequência mostrada na foto abaixo.

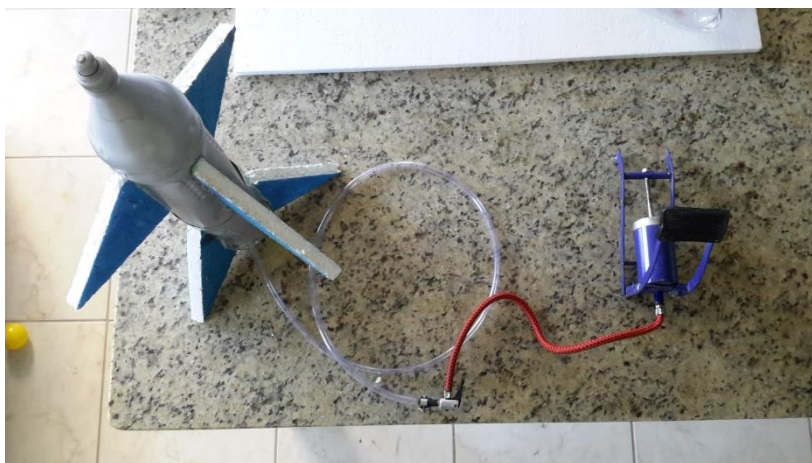
Figura 23 - Procedimentos antes de se lançar o foguete. Fonte: O autor.



Primeiro temos que encher com água $\frac{1}{3}$ da capacidade máxima da garrafa que tem seu bocal virado para baixo, quando o foguete é apoiado no suporte de lançamento. Liga-se o bico de pneu de bicicleta à bomba de encher pneu e a outra extremidade da mangueira de silicone, a que contém a rolha de borracha, deve ser passada pelo buraco feito na base de lançamento e firmemente presa no bocal da garrafa que foi colocado água.

Depois é só colocar o foguete na sua base de lançamento e pressionar a bomba de encher pneu de bicicleta até que ele seja lançado.

Figura 24 - Foguete pronto para ser lançado. Fonte: O autor.

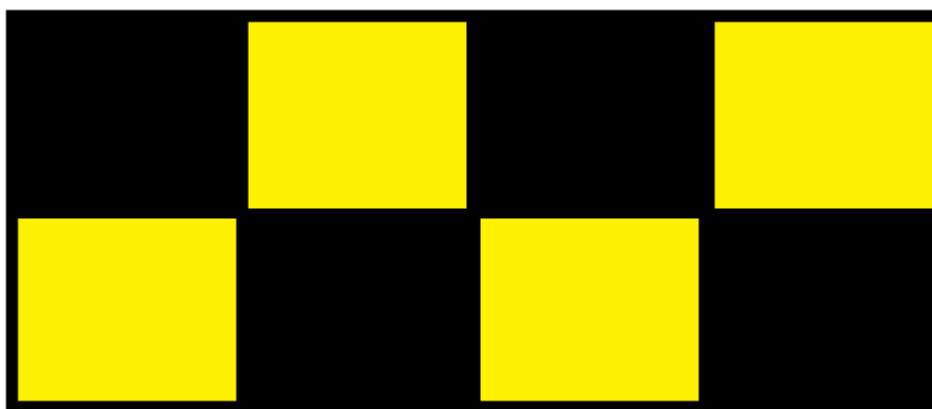


Para ficar mais fácil do programa *Tracker* seguir o foguete em movimento após o seu lançamento, cada grupo pode pintar o seu foguete depois de construí-lo. Ou simplesmente pode ser feita alguma marcação no corpo do foguete, com alguma cor que contraste com o resto do ambiente onde será filmado o seu lançamento. No caso abaixo foi impresso e colado no foguete a figura abaixo que possibilitará um bom rastreamento por parte do programa e ainda poderemos utilizá-la como referência para a fita de calibração que é necessária para o programa *Tracker* reconhecer as distâncias presentes na cena captada.

Figura 25 - Marcação no corpo do foguete para facilitar o seu rastreamento pelo programa Tracker, enquanto o foguete estiver em movimento. Fone: O autor.



Figura 26 - Figura que pode ser impressa e colada no corpo do foguete. Fonte: O autor.



Apêndice G

Guia rápido para a análise do movimento do foguete

Número do Grupo ou nome dos integrantes do grupo:

01) Faça uma breve descrição do vídeo que o grupo filmou para ser analisado com o programa *Tracker*:

02) Faça os procedimentos iniciais para a análise do vídeo:

- Selecione os frames importantes;
- Insira o sistema de coordenadas;
- Insira a fita de calibração em alguma medida conhecida que aparece no vídeo;
- Marque os pontos de massa manualmente ou automaticamente.

03) Plote os gráficos abaixo, descrevendo-os:

a) Características do gráfico **posição** versus **tempo**:

b) Características do gráfico **velocidade** versus **tempo**:

c) Características do gráfico **aceleração** versus **tempo**:

OBSERVAÇÕES:

Todos os gráficos deverão ser copiados (print screen da tela) e enviados para o google groups da turma.

04) Qual é a função de cada parte componente do foguete construído?

05) O que causa o movimento do foguete?

06) Quais as conclusões que o seu grupo chegou em relação ao modelo matemático que é descrito através das equações abaixo?

Movimento uniforme:

$$a = 0 \frac{m}{s^2}$$

$$v = \text{constante}$$

$$S = S_0 + v_0 \cdot t$$

Movimento uniformemente variado ou acelerado:

$$a = \text{constante}$$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$S = S_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

07) É possível saber a altura máxima que o foguete atingiu? Se sim, encontre-a.

08) Após a análise dos gráficos, como você classificaria o movimento do objeto móvel presente no vídeo?

Apêndice H - Questionário opinativo

Sexo: () Feminino () Masculino

Idade: ____ anos

Este questionário tem o objetivo de coletar a sua opinião a respeito das atividades que foram desenvolvidas na sua turma. Por isso peço que responda os questionamentos com seriedade e sinceridade. Caso sua resposta seja não, cite pelo menos dois motivos que a justifiquem.

1) As aulas estimularam o seu interesse pela matéria?

() Sim () Não () Dúvida

2) O programa Tracker facilitou o entendimento dos conteúdos estudados?

() Sim () Não () Dúvida

3) Quanto ao uso do programa Tracker, você teve dificuldades?

() Sim () Não () Dúvida

4) Conceitos como referencial, posição, velocidade e aceleração puderam ser identificados e compreendidos com a análise dos vídeos?

() Sim () Não () Dúvida

5) Você acha que a análise de vídeos a partir de situações reais demonstra que a Física está presente no nosso cotidiano e sua construção é baseada em modelos criados a partir da observação da natureza?

() Sim () Não () Dúvida

6) Aulas experimentais despertam o seu interesse em aprender Física?

() Sim () Não () Dúvida

7) Você acredita que a utilização do experimento facilita a aprendizagem da Física?

() Sim () Não () Dúvida

8) Em sua opinião, outros assuntos de Física deveriam ser ensinados através do uso experimentos?

() Sim () Não () Dúvida

9) Você gostou de estudar Física através da construção e do lançamento dos foguetes?

() Sim () Não () Dúvida

10) Você acredita que a construção e o lançamento dos foguetes foram úteis nas aulas de Física?

() Sim () não () Dúvida

Apêndice I – Produto Educacional

Caderno técnico – O uso do software *Tracker* no ensino de Física dos movimentos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – PÓLO 35

EDENILSON ORKIEL

Caderno técnico – O uso do software *Tracker* no ensino de Física dos movimentos

Ponta Grossa - PR
2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – PÓLO 35

EDENILSON ORKIEL

Caderno técnico – O uso do software *Tracker* no ensino de Física dos movimentos

Programa de Pós-Graduação Em Ensino de
Física. Curso de Mestrado Profissional de
Ensino de Física (MNPEF), Pólo 35.

Orientador:
Professor Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva.

Ponta Grossa - PR
2016

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	147
2. PROGRAMAS NECESSÁRIOS	148
3. CONHECENDO A INTERFACE DO PROGRAMA TRACKER.....	150
4. USANDO O PROGRAMA TRACKER – PASSO A PASSO.....	153
4.1. ABRINDO UM ARQUIVO	153
4.2. SALVANDO ARQUIVOS.....	156
4.3. COMO SELECIONAR OS FRAMES IMPORTANTES	158
4.4. COMO CORTAR VÍDEOS USANDO O PROGRAMA TRACKER.....	160
4.5. DEFININDO A ESCALA DO VÍDEO	162
4.6. DEFININDO OS EIXOS DE COORDENADAS	164
4.7. MARCANDO OS PONTOS DE MASSA MANUALMENTE.....	165
4.8. MARCANDO OS PONTOS DE MASSA AUTOMATICAMENTE.....	167
4.9. TABELAS E GRÁFICOS	170
5. EXEMPLOS COMENTADOS	175
5.1. MOVIMENTO UNIFORME.....	175
5.2. MOVIMENTO ACELERADO	178
5.3. COMPOSIÇÃO DE MOVIMENTOS.....	181
6. BIBLIOGRAFIA	188
7. ANEXOS.....	188
7.1. A FÍSICA DOS MOVIMENTOS.....	188

APRESENTAÇÃO

A ideia da construção deste caderno técnico sobre o uso do programa *Tracker* no ensino, têm sua origem nas dificuldades no uso das tecnologias em sala de aula. Estas dificuldades são enfrentadas pelos professores de Ciências em geral, se concentrando em como inserir as tecnologias existentes atualmente em suas aulas de maneira a proporcionar a melhoria do processo de ensino aprendizagem.

Um forte fator de resistência ao processo de inovação educacional no ensino de Ciências, mais específico ainda no ensino de Física, é a falta de conhecimentos dos educadores sobre as novas tecnologias e as suas capacidades, além da sua abrangência. Este caderno técnico foi pensado e escrito buscando desmistificar e elucidar o uso de programas computacionais no ensino de Física, mais especificamente, o programa para a análise de movimentos, chamado *Tracker*.

O entendimento de que as novas tecnologias podem criar novos espaços de conhecimento, novos modelos de atividades, dinâmicas diferenciadas, aulas em espaços distintos dos tradicionais, conteúdos trabalhados de forma eficaz, são aspectos a serem considerados pelos professores. O ensino conduzido dessa forma apresenta-se muito mais interessante tanto para o aluno, que aprende, como para o professor que ensina e sente-se motivado a pensar formas diferenciadas de trabalhar os conteúdos e atividades, tornando a aprendizagem mais significativa. Eis uma oportunidade nova de aprendizagem para os alunos que, em sua imensa maioria são desmotivados e acostumados com práticas tradicionais, não mais se interessam pelo que a escola oferece.

1. INTRODUÇÃO.

O *Tracker* é um programa livre para análise de vídeo que permite o ajuste de modelos teóricos a dados experimentais. O seu diferencial consiste principalmente da facilidade de uso, apresentando grandes possibilidades como material instrucional para o ensino de Física. Grande parte dos benefícios que ele pode trazer para o ensino se deve ao fato de seu uso ter início no ambiente real do aluno, com situações vivenciadas no dia a dia e posteriormente entrar na análise Física dos movimentos, com os valores obtidos, seus gráficos, e apenas por último apresentar um modelo Físico associado a uma equação que descreverá aquele movimento do objeto anteriormente filmado e analisado passo a passo pelo aluno.

Este caderno técnico é voltado para professores, alunos ou qualquer pessoa interessada no assunto. Seu desenvolvimento e construção foram pensados para conter detalhadamente o que for necessário, da instalação ao seu uso no ensino de Física, a fim de proporcionar o entendimento de como o programa funciona e também maneiras de usar as suas funcionalidades para o ensino.

No capítulo 2 está descrito como deve se proceder para fazer o *download* e instalar o programa *Tracker*. Também estão descritos os programas necessários e os formatos de arquivos que devem ser utilizados para que o *Tracker* funcione satisfatoriamente. O capítulo 3 traz a interface do programa, indicando a função de cada parte da tela e a função dos botões e comandos existentes.

O capítulo 4 mostra de uma maneira geral, todas as etapas necessárias para utilizar o *Tracker*, com o devido esclarecimento do porquê de cada etapa ser necessária e também algumas dicas e ajustes durante o seu uso, que podem facilitar a leitura e entendimento dos dados obtidos através do programa.

O capítulo 5 é direcionado para o ensino de Física, especificamente para o ensino do conteúdo movimentos. Demonstrando como pode ser feito a filmagem de experimentos em situações de movimentos uniformes, acelerados ou da composição de movimentos, que é a composição de movimentos em que existe o movimento uniforme e acelerado de maneira concomitante, como o movimento oblíquo. Em cada um dos casos citados anteriormente é feita a análise dos dados gerados pelo programa, dos gráficos obtidos, dos valores encontrados para as grandezas envolvidas em cada tipo de movimento e como as equações que caracterizam o movimento do objeto filmado podem ser obtidas. A pretensão é que, desta forma, as grandezas

que compõe as equações do movimento ganhem significado e levem ao entendimento da matemática envolvida e associada aos conceitos dos movimentos que o estudante deve compreender.

Como anexo estão inseridos os conteúdos Físicos necessários para entender a Física que se pretende ensinar com o uso programa *Tracker*, o qual age como facilitador da aprendizagem.

Como utilizar o caderno com destaque para os exemplos

2. PROGRAMAS NECESSÁRIOS.

As últimas versões do *Tracker* estão disponíveis no formato. jnlp (*Java Network Launching Protocol*). Portanto, é necessário que você tenha instalado em seu computador o programa Java. Se você já tem ele instalado, vá para o próximo passo. Caso não tenha instalado o programa no seu computador, instale-o fazendo o seu “download” a partir do endereço eletrônico: http://www.java.com/pt_BR/download/ clicando em “Download Gratuito do Java” como mostrado na figura 01. Execute o arquivo baixado e instale o programa.

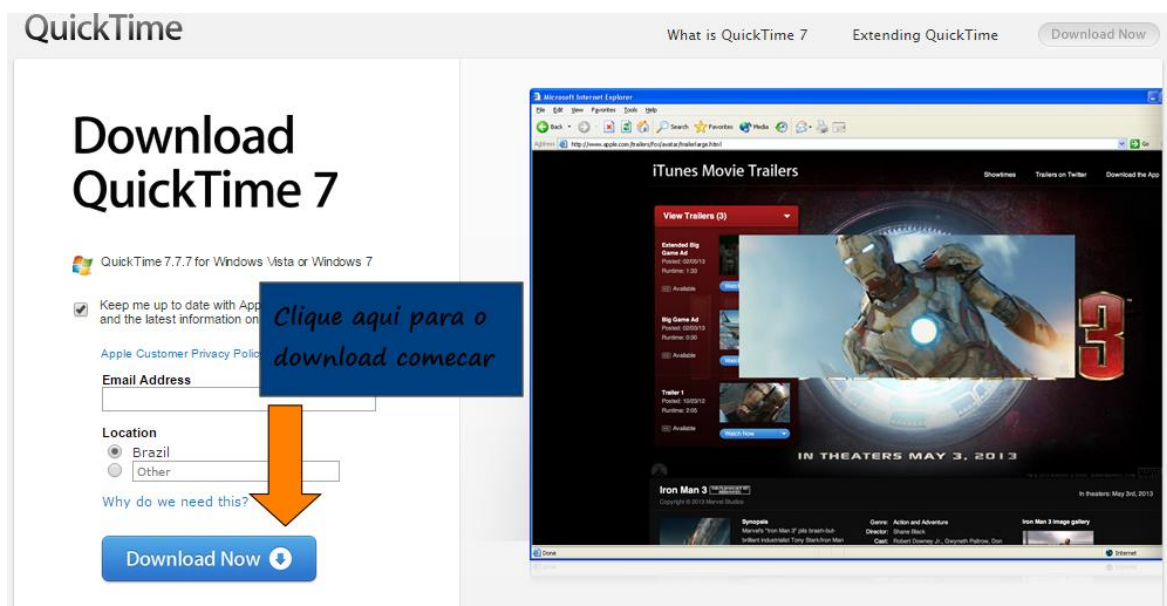
Figura 02 - Página de download do programa Java. Fonte: O autor.



Além disso, apesar das últimas versões do *Tracker* suportar diferentes formatos de vídeos, imagens e animações, é recomendável a instalação do programa *Quick Time*, pois os vídeos neste formato se enquadram melhor com o programa *Tracker*. Caso não tenha instalado

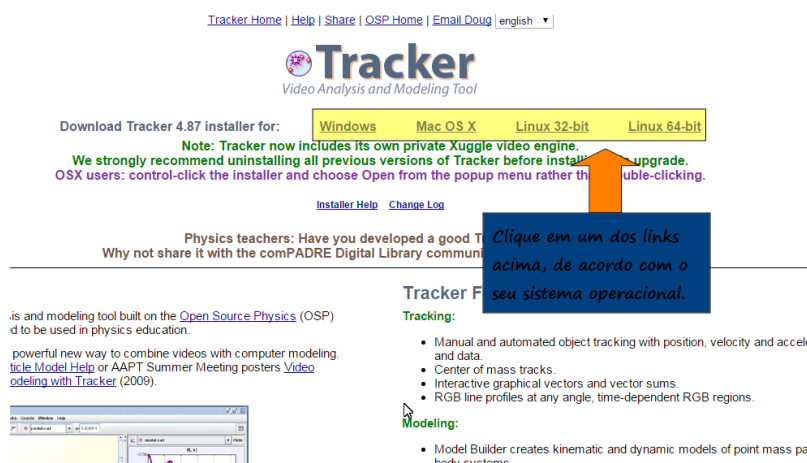
este programa, acesse: <http://www.apple.com/quicktime/download/> clique em “Download Now” como mostrado na figura 02 e, depois de baixado, execute o arquivo de instalação.

Figura 03 - Página de download do QuickTime. Fonte: O autor.



Após a instalação dos programas acessórios iniciais, basta realizar o download da versão .jnlp do Tracker e executá-la. Para isso, acesse: <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/webstart/tracker.jnlp> e execute o arquivo baixado.

Figura 04 - Links para baixar o programa Tracker. Fonte: O autor.



Após seguir corretamente todos os passos acima, o programa Tracker já deve estar funcionando.

Para usar o programa deve-se tomar o cuidado de obedecer os formatos de arquivos que são suportados. Os mesmos encontram-se descritos abaixo:

- vídeos digitais: *.mov, *.avi, *.mp4, *.flv, *.wmv, *.ogg;
- Gifs animados: *.gif;
- Imagens *.jpg, *.png.

3. CONHECENDO A INTERFACE DO PROGRAMA *TRACKER*.

O programa de vídeo análise *Tracker* possui uma interface bastante intuitiva, sendo necessário apenas alguns minutos de instrução para que qualquer pessoa, mesmo sem experiência nenhuma com programas de análise de vídeo, consiga usá-lo de maneira satisfatória. Nas figuras 01 e 02 encontram-se alguns *print screens* da tela inicial do programa e da barra de tarefas, onde estão os principais comandos e funcionalidades.

Figura 05 - Tela principal do programa *Tracker*. Fonte: O autor.

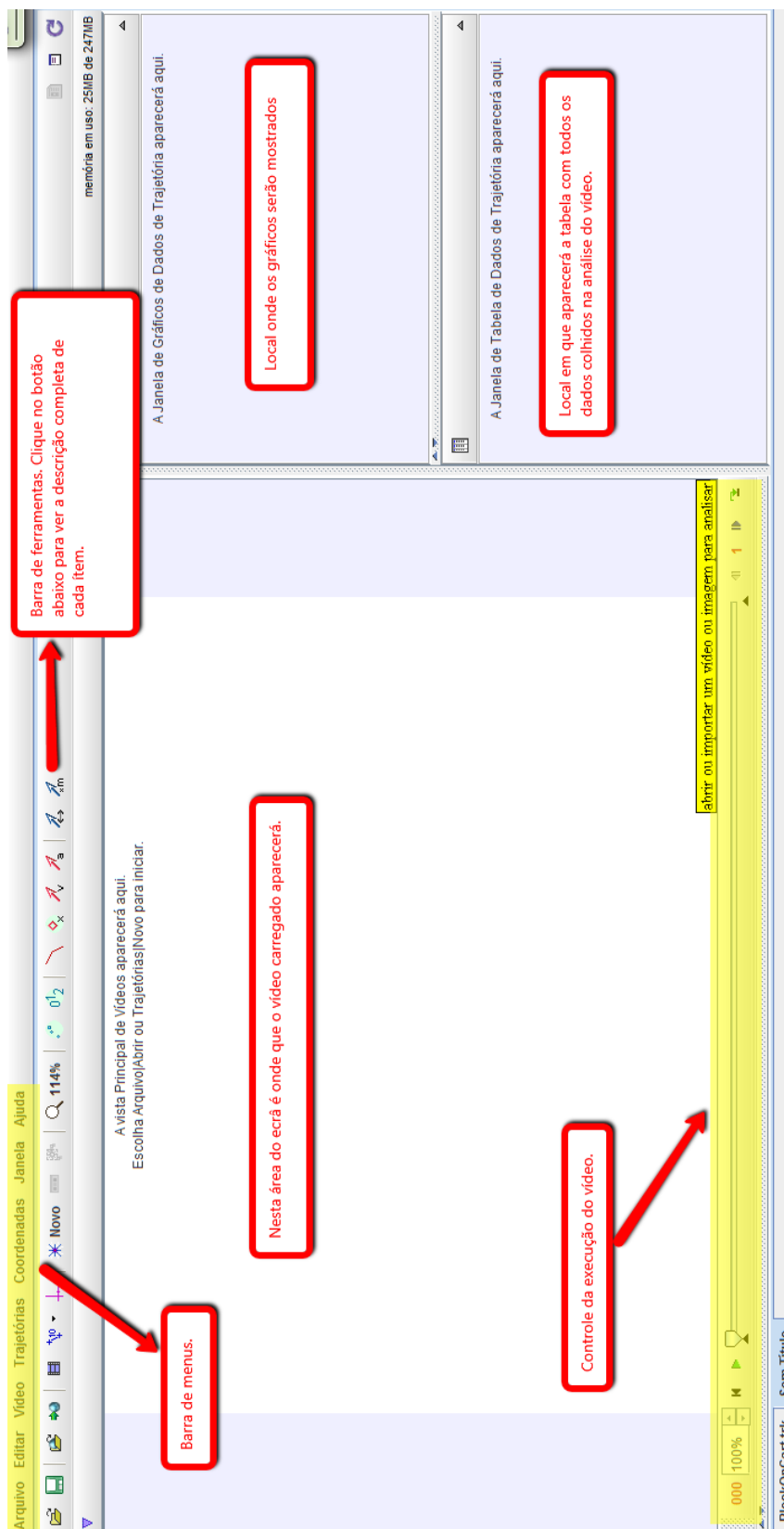
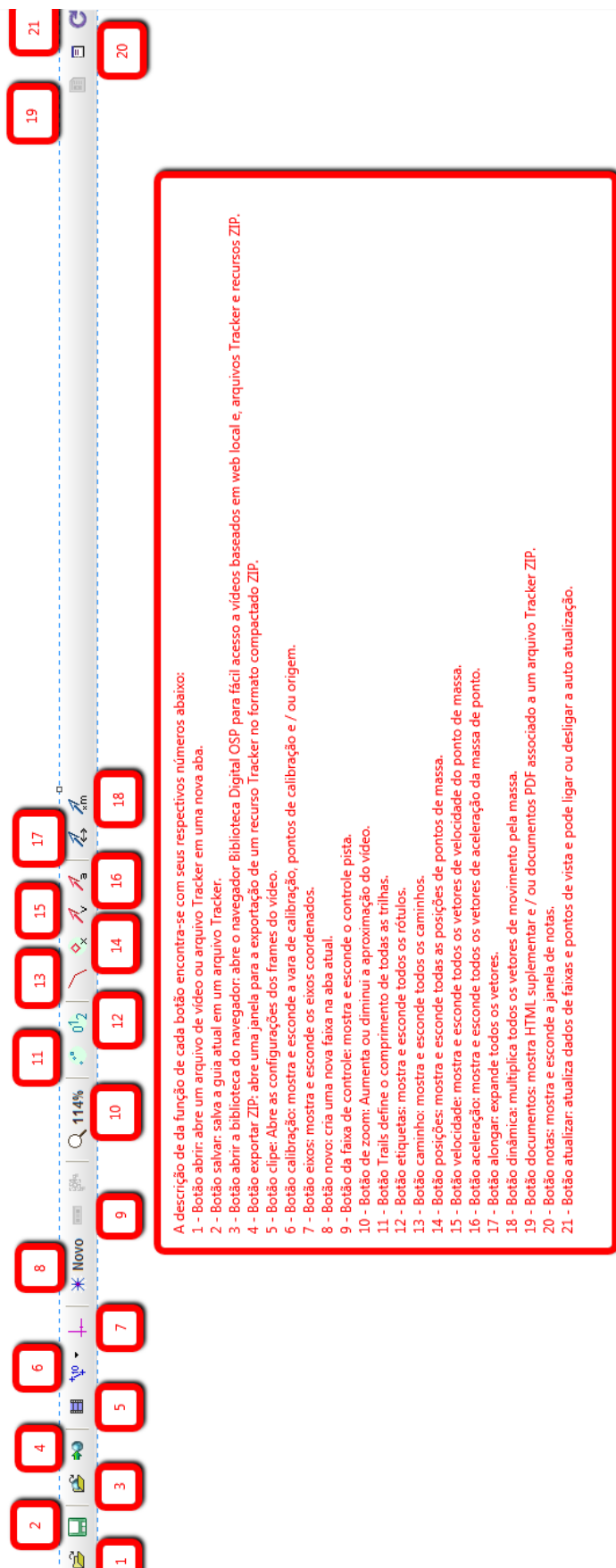


Figura 05 – Comandos e funcionalidades da barra de tarefas do programa *Tracker*. Fonte: O autor.



4. USANDO O PROGRAMA *TRACKER* – PASSO A PASSO.

Antes de começar o passo a passo de como usar o programa *Tracker*, devemos conhecer o seu princípio básico de funcionamento. Para entender isso, primeiro temos que entender o que é um vídeo. Qualquer vídeo é formado por uma sequência de imagens denominadas *frames* (quadros), que são alteradas a uma taxa que a nossa visão não consegue perceber, daí enxergamos o movimento sem perceber as imagens estáticas que o constituem. Televisões usuais apresentam vídeos na taxa de 60 fps (*frames* por segundo) enquanto que aparelhos mais modernos chegam a desenvolver 120 fps. Já as câmeras fotográficas digitais normalmente produzem filmes com 30 fps. Câmeras especiais com altas taxas de captação podem chegar a produzir filmes com 10.000 fps.

A vídeo análise se vale dessa estrutura para examinar os vídeos. Basicamente, o software primeiramente apresenta um frame por vez. Em cada um deles, é possível destacar os aspectos importantes do fenômeno, como, por exemplo, a posição de um determinado objeto. Por fim, o programa constrói gráficos com as variáveis escolhidas pelo usuário.

4.1. ABRINDO UM ARQUIVO. *

Os formatos de arquivos que podem ser abertos no *Tracker* são: mov, avi, mp4, flv, wmv, arquivos de dados do *Tracker* (*.trk), arquivos compactados do *Tracker* (.zip). Você também pode abrir arquivos de imagens animadas como *.jpg, *.gif, *.png, sequências numeradas de arquivos de imagens e imagens coladas diretamente na área de trabalho do *Tracker*. Para abrir um arquivo no programa deve seguir os passos indicados nas figuras 06 a 10.

Figura 6 - Abrindo um arquivo no programa *Tracker*. Fonte: O autor.

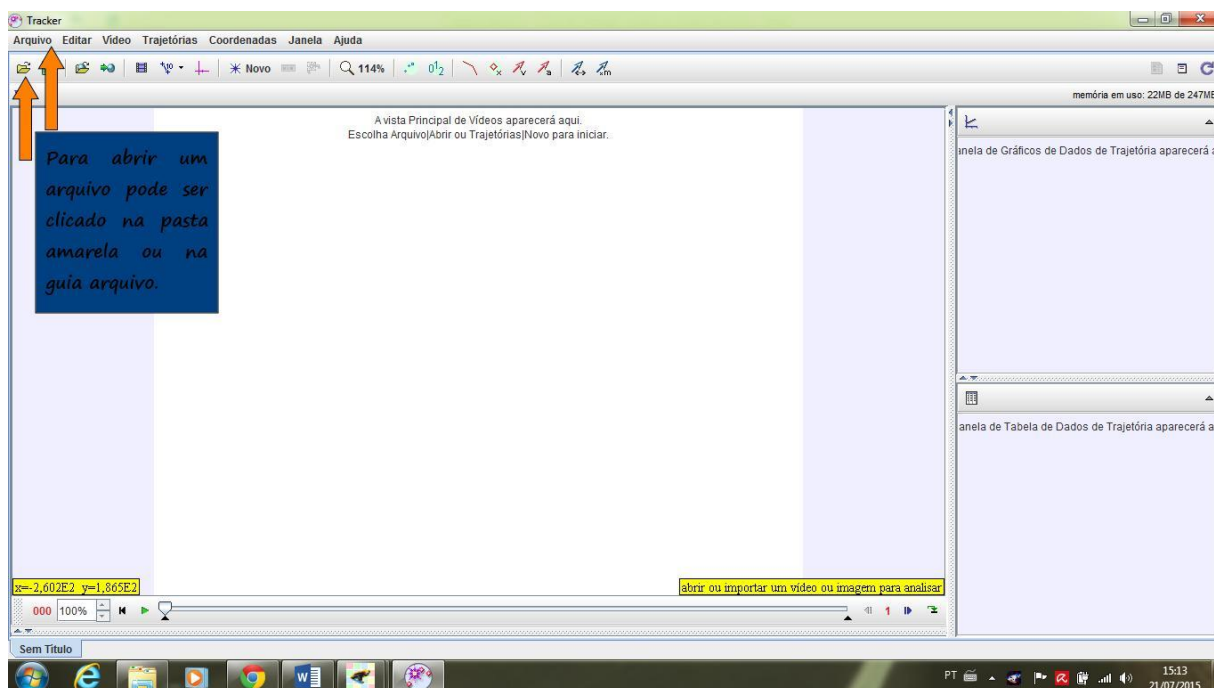


Figura 7 - Abrindo um arquivo no programa *Tracker*. Fonte: O autor.

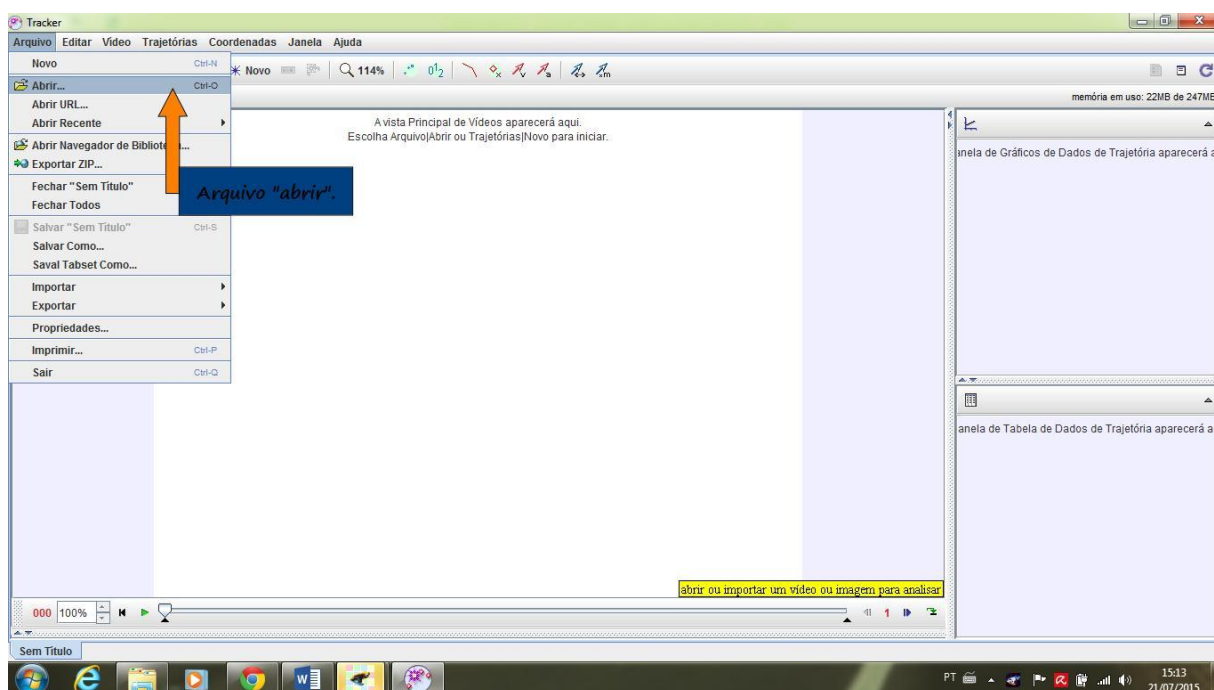


Figura 8 - Abrindo um arquivo no programa *Tracker*. Fonte: O autor.

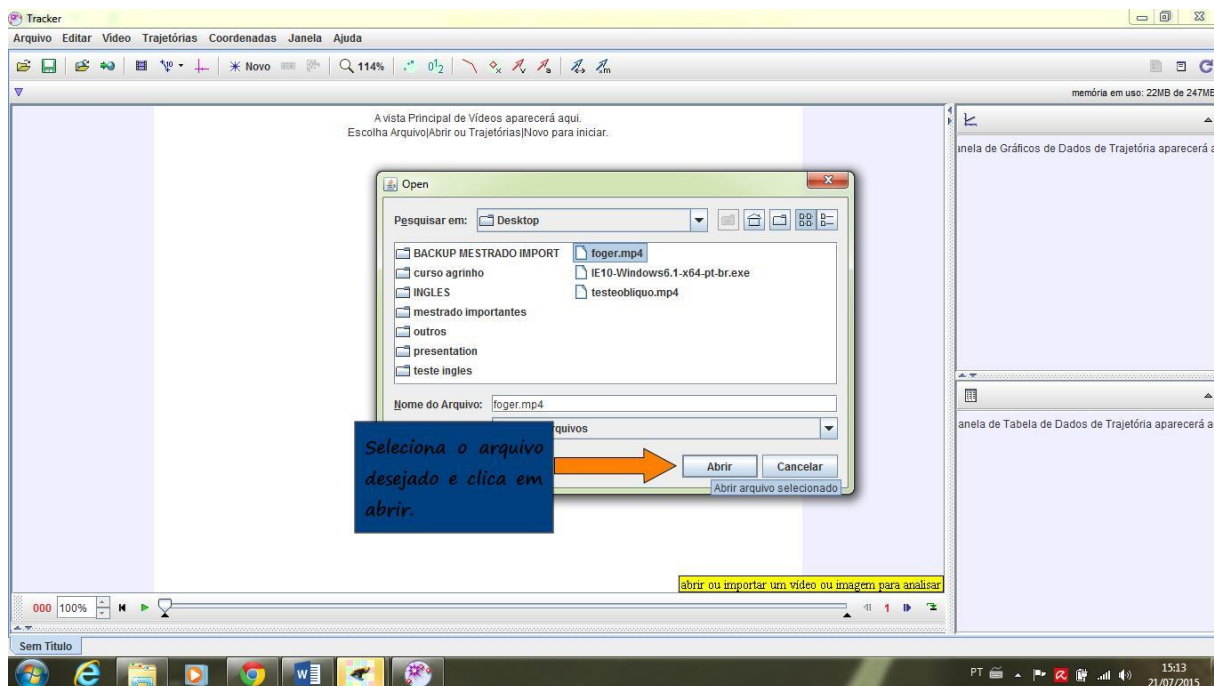


Figura 9 - Abrindo um arquivo no programa *Tracker*. Fonte: O autor.

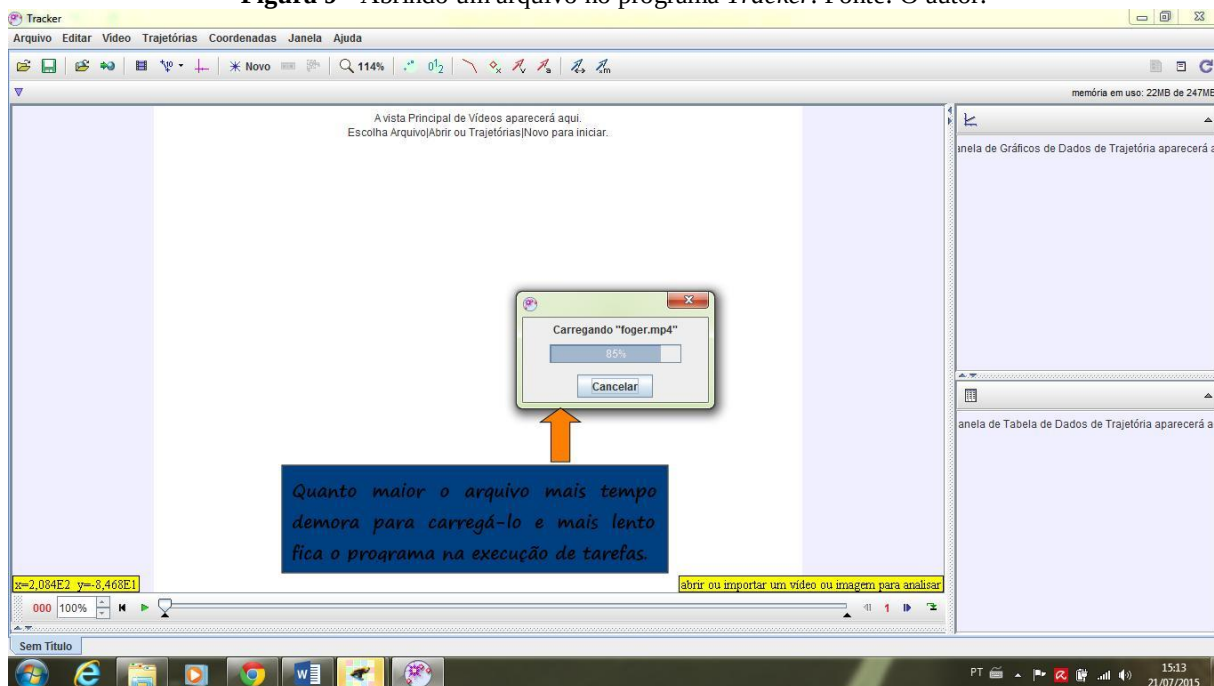
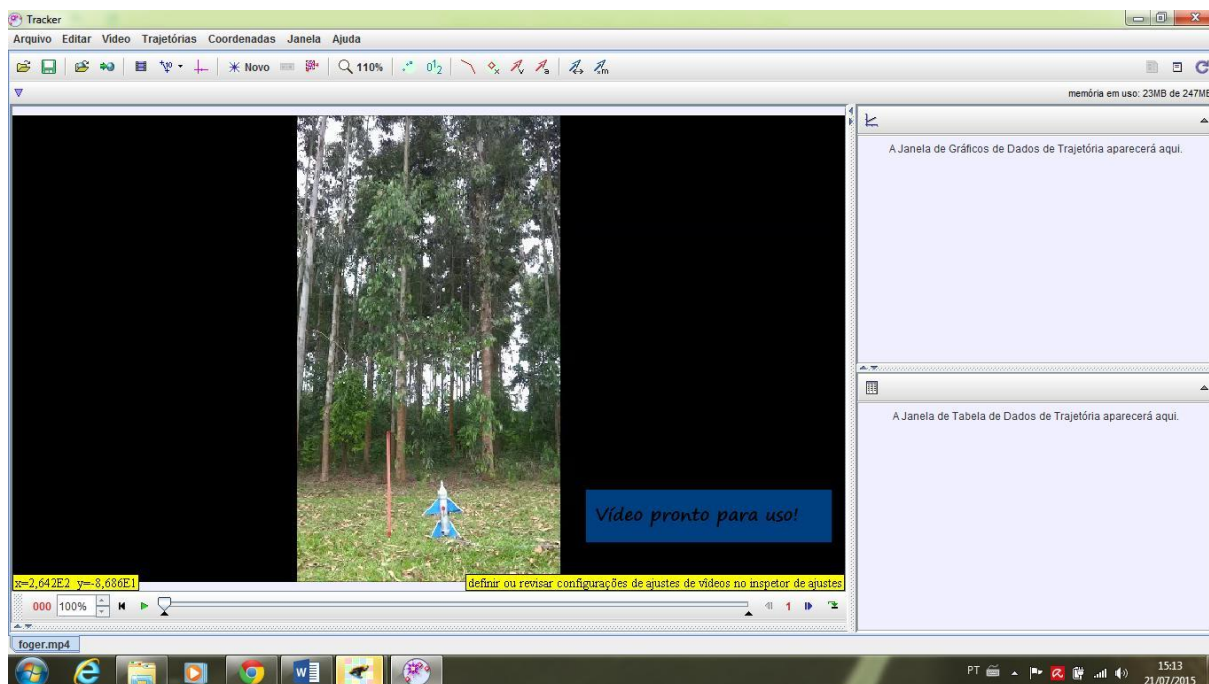


Figura 10 - Vídeo pronto para uso. Fonte: O autor.



4.2. SALVANDO ARQUIVOS.

Os arquivos gerados pelo *Tracker* podem ser salvos seguindo os passos indicados nas figuras 11 e 12 abaixo:

Figura 11 - Salvando arquivos do Tracker.

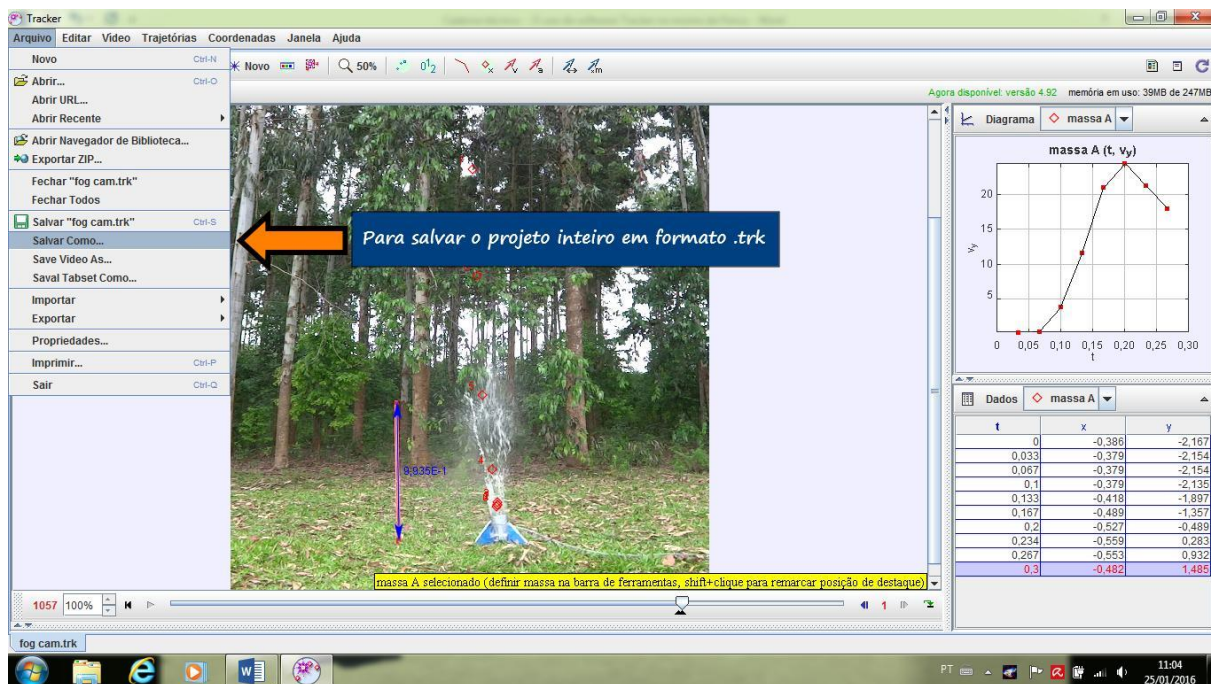
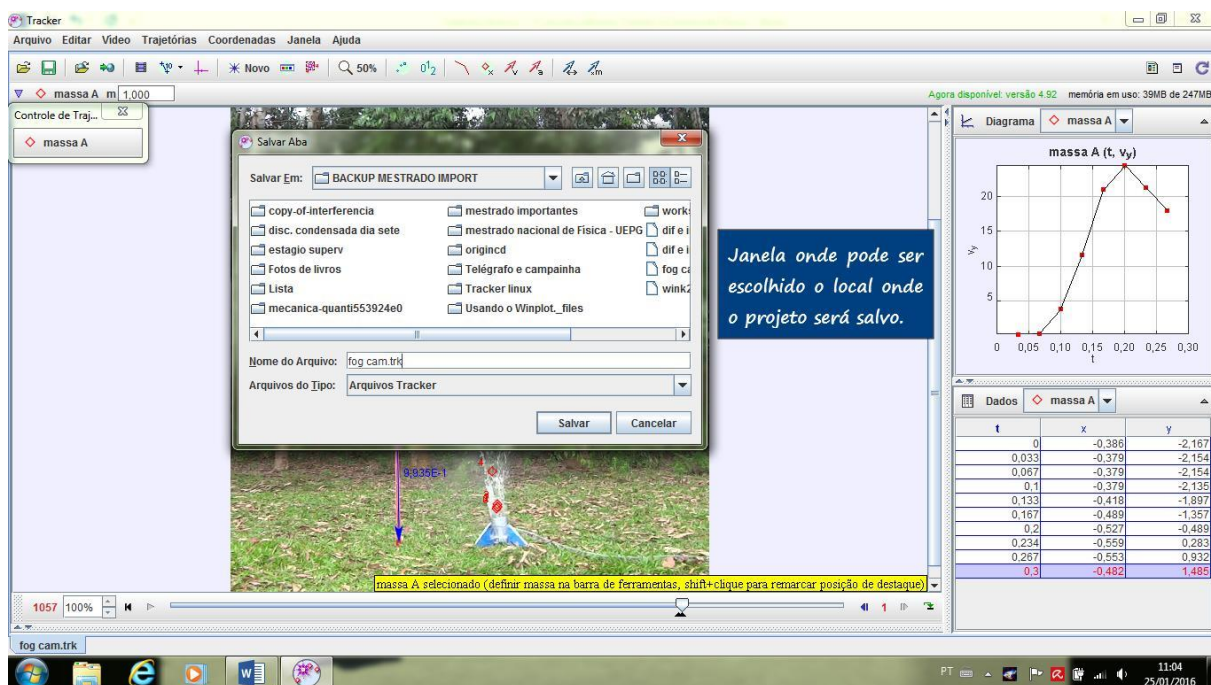


Figura 12 – Salvando arquivos do Tracker.



4.3. COMO SELECIONAR OS FRAMES IMPORTANTES.

Para a análise do movimento filmado é muito importante que seja selecionado apenas os *frames* essenciais, lembrando que, quanto maior for o vídeo, mais demorada é a obtenção dos dados e o seu processamento se torna muito lento. Para selecionar o trecho do vídeo necessário para o estudo do movimento do objeto filmado procede-se da maneira mostrada nas figuras 13 a 16.

Figura 13 - Selecionando apenas os frames do vídeo essenciais para a análise. Fonte: O autor.

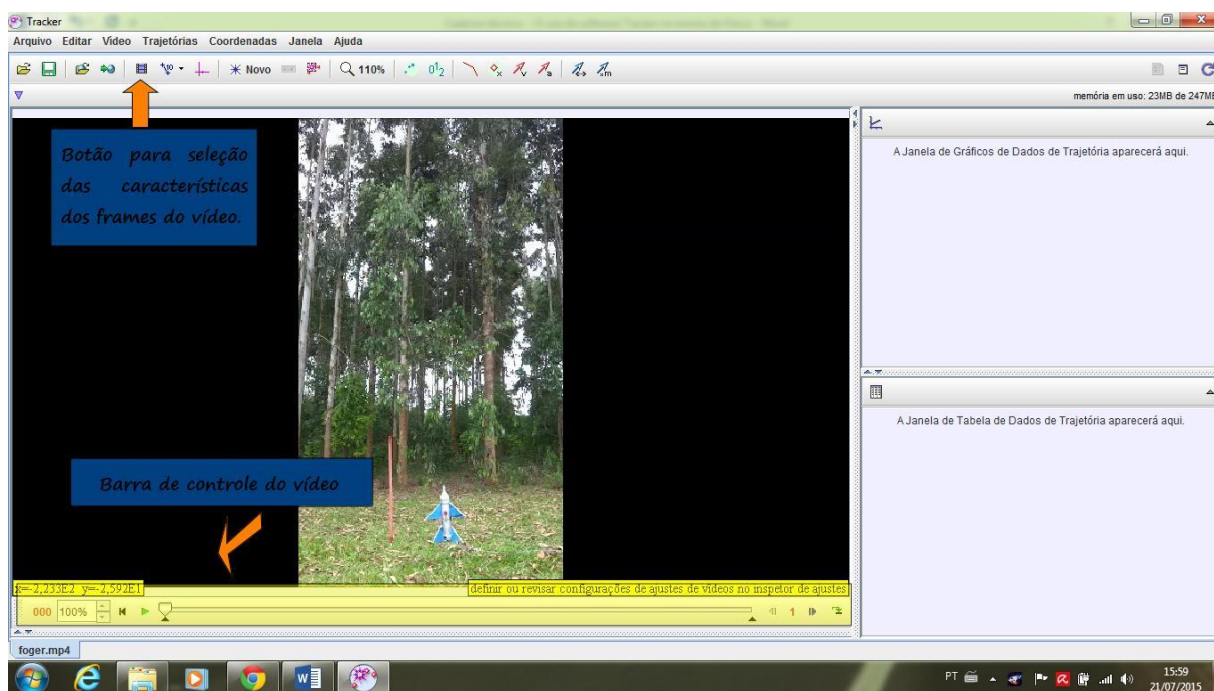


Figura 14 - Janela que se abre para serem demarcados os frames inicial e final. Fonte: O autor.

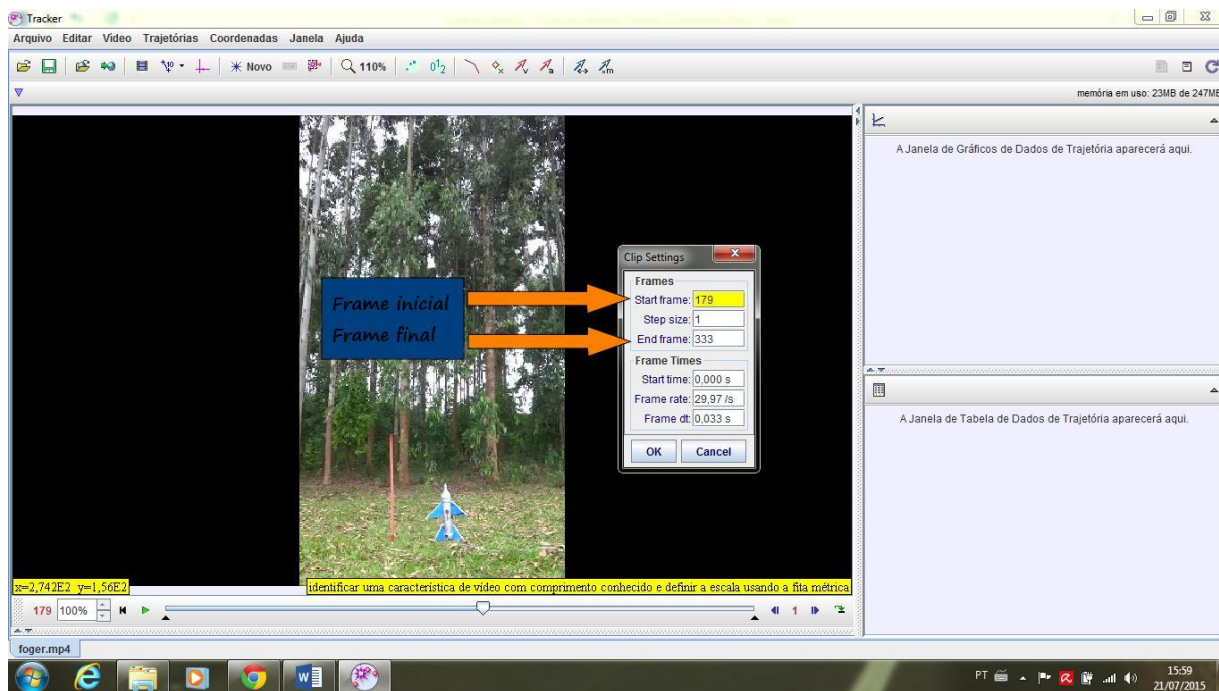


Figura 15 - Definindo o frame inicial e final do vídeo. Fonte: O autor

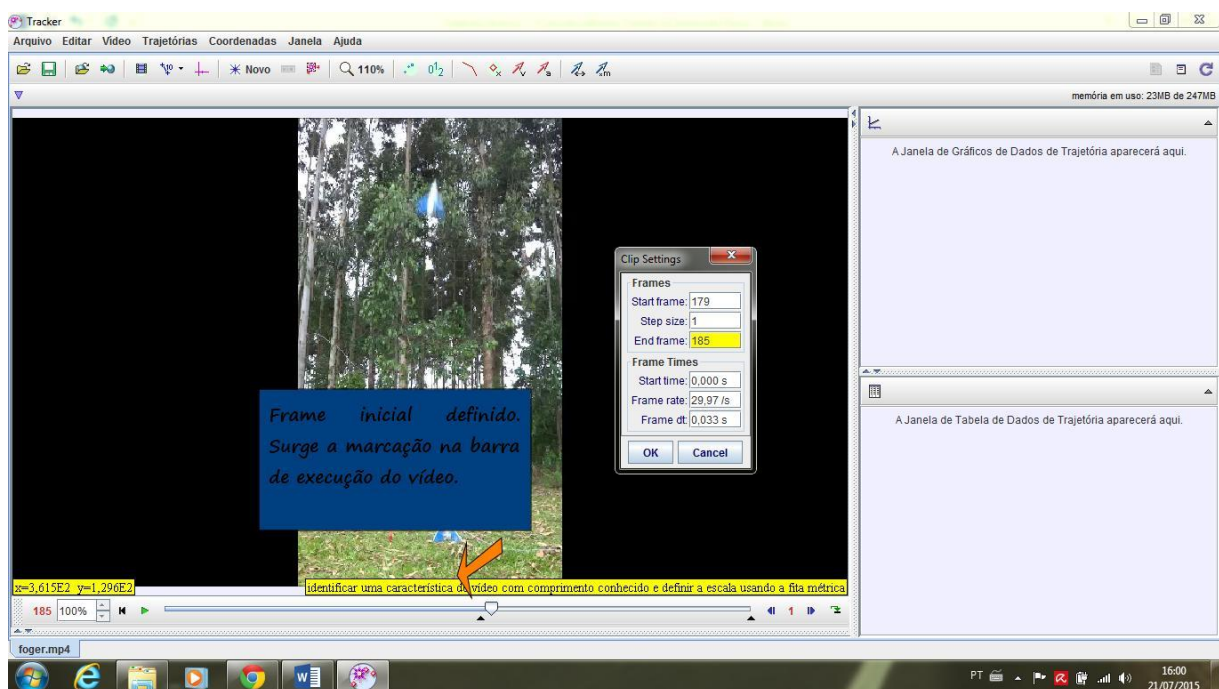
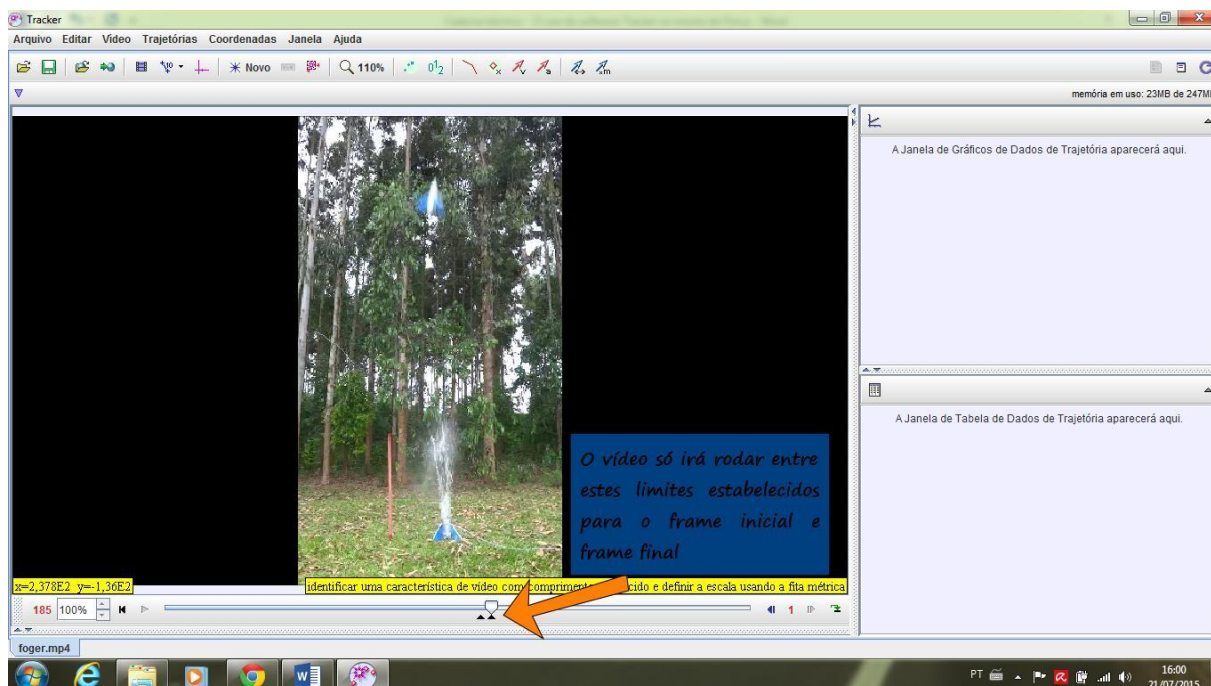


Figura 16 – Com os frames importantes selecionados, o programa irá rodar apenas entre os limites inicial e final selecionados pelo usuário, que são mostrados na barra de execução do vídeo. Fonte: O autor.



4.4. COMO CORTAR VÍDEOS USANDO O PROGRAMA TRACKER.

Na maioria das vezes, quando filmamos algo, existem partes da filmagem que gostaríamos de excluir. O programa *Tracker* possui a funcionalidade muito útil de poder salvar apenas os *frames* selecionados para a análise do movimento, excluindo as partes não selecionadas. Procedendo da maneira descrita no tutorial da figura 17 e 18, o vídeo será salvo contendo apenas o trecho de vídeo que é compreendido entre o *frame* inicial e final previamente selecionados.

Figura 17 - Maneira de cortar apenas o trecho do vídeo necessário. Fonte: O autor.

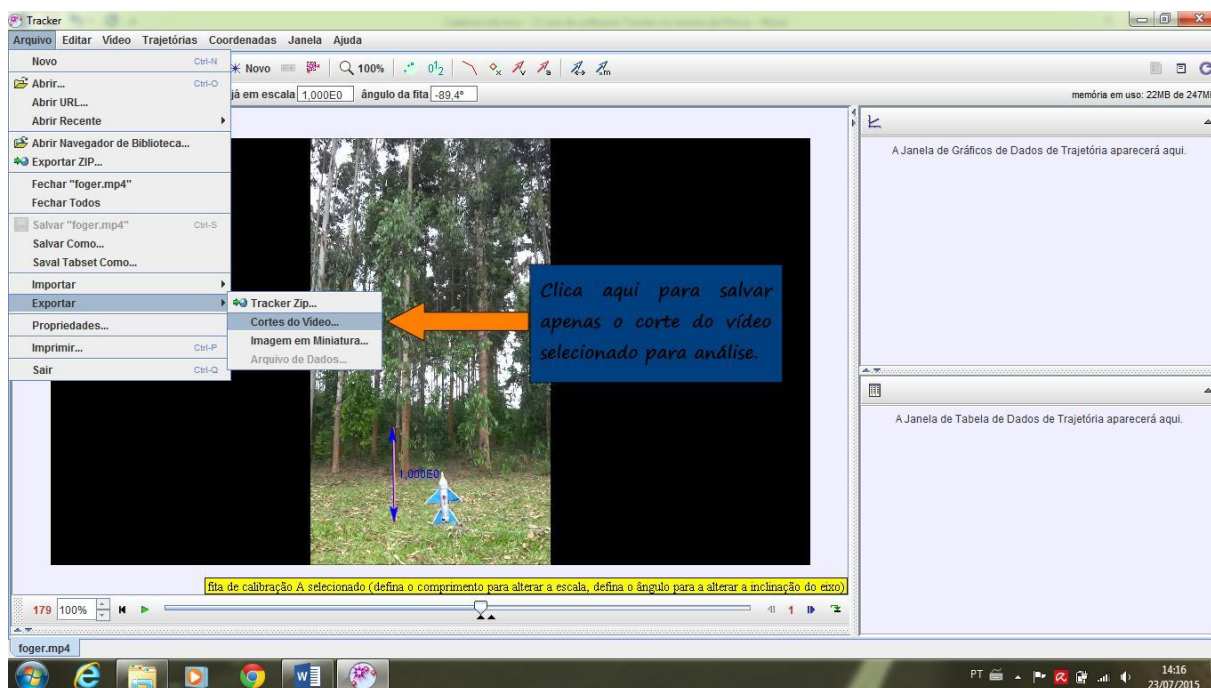
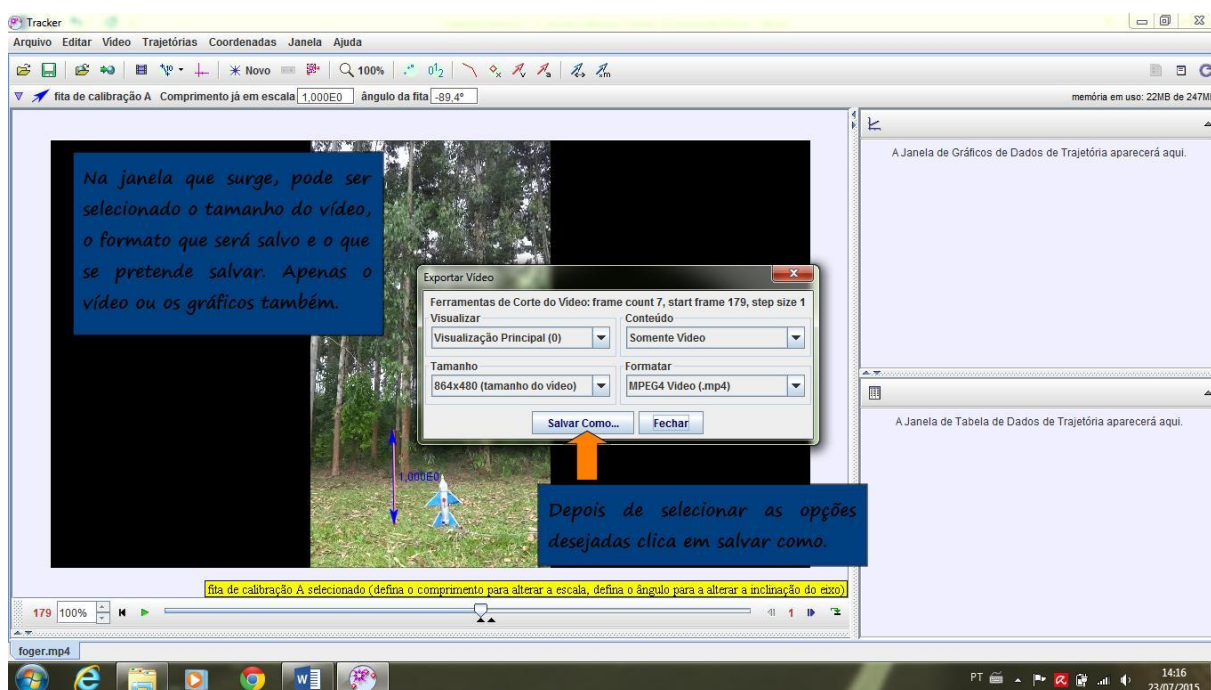


Figura 18 - Salvando apenas o trecho do vídeo selecionado. Fonte: O autor.



4.5. DEFININDO A ESCALA DO VÍDEO.

Para que o programa entenda as distâncias que o móvel percorre nos intervalos de tempo decorrentes, é necessário demarcar algum objeto ou distância presente no vídeo com seu valor exato de tamanho, em metros. Este é um dos pontos chave de funcionamento do programa e deve ser feito com cuidado para que tenhamos a melhor precisão possível nos resultados. Este procedimento é demonstrado nas figuras 19 a 21, encontradas abaixo, em sequência.

Figura 19 - O zoom pode ser alterado para melhor precisão no ajuste da fita de calibração. Fonte: O autor.

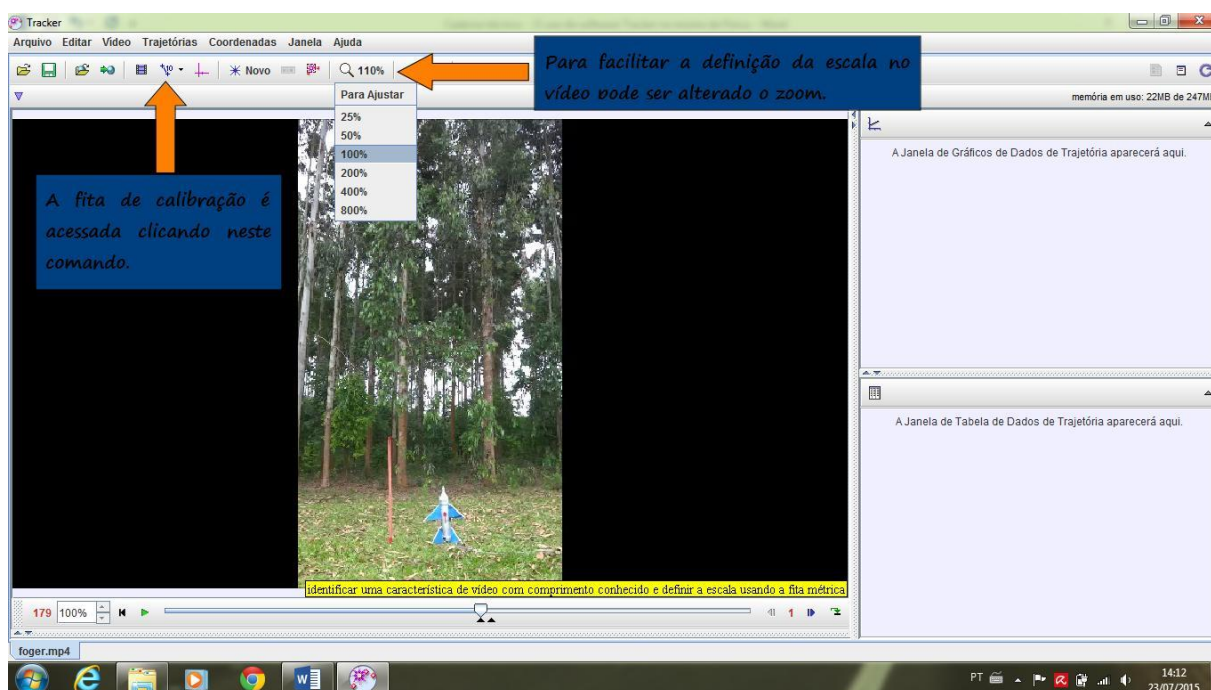


Figura 20 - Selecionando a fita de calibração. Fonte: O autor.

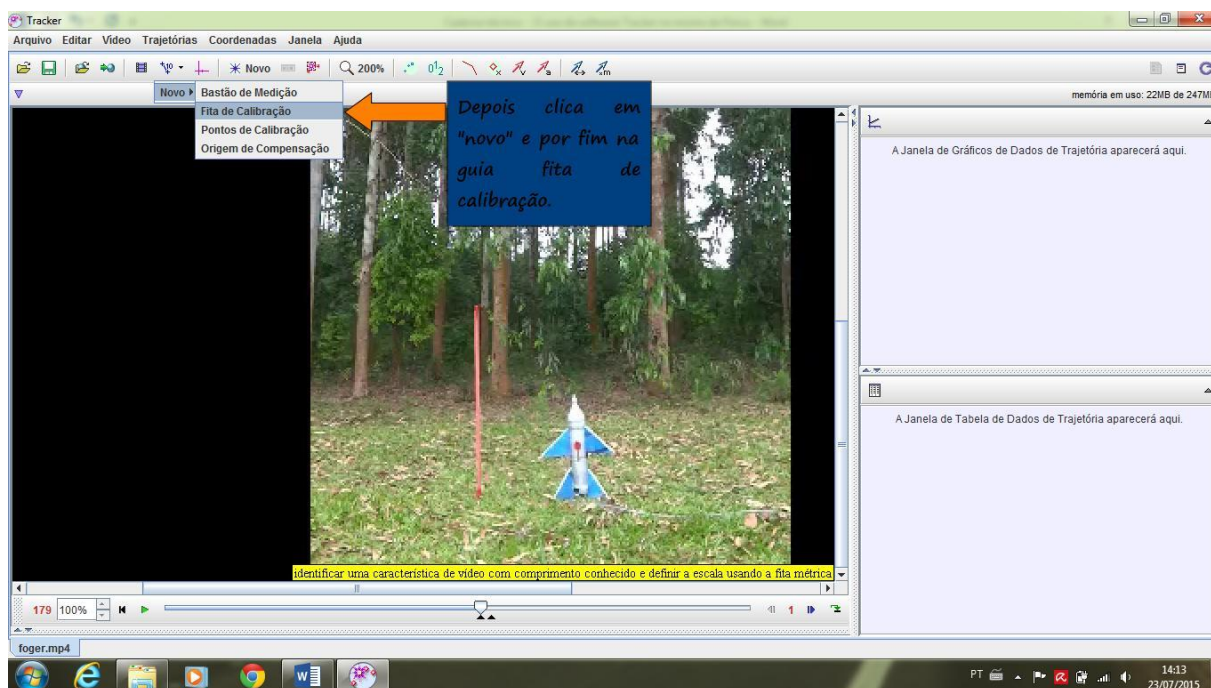
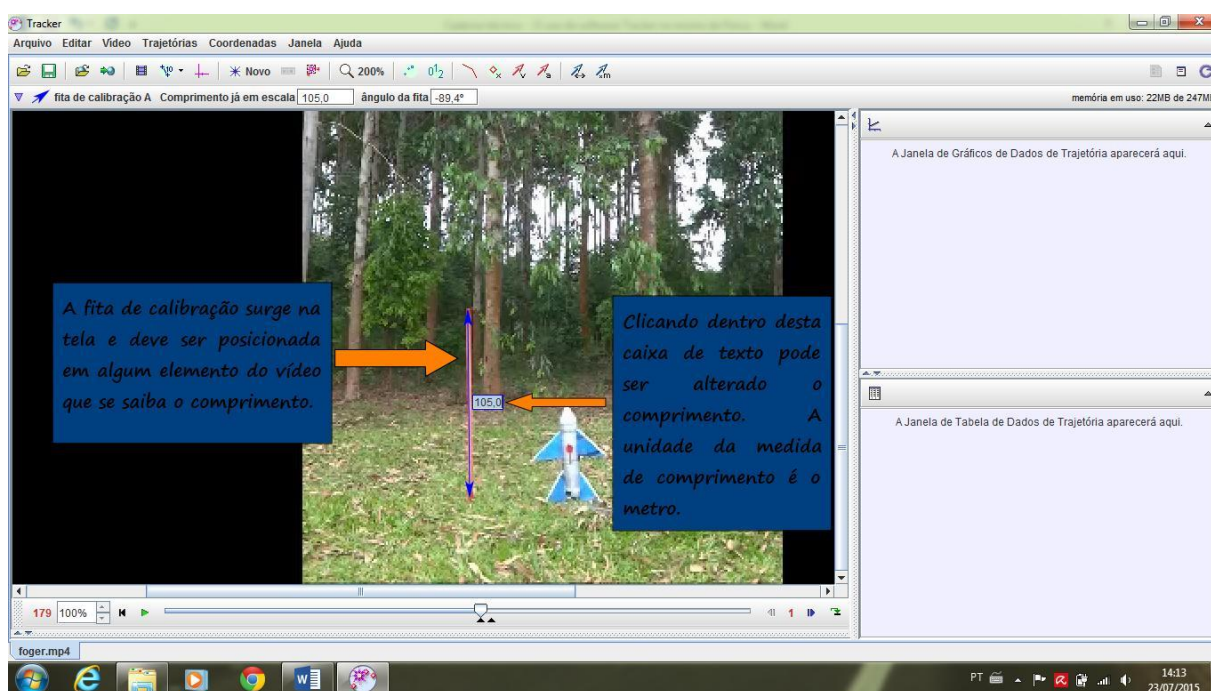


Figura 21 - A unidade utilizada na fita de calibração é o metro. O seu valor pode ser alterado na caixa de texto que a acompanha. Fonte: O autor.



4.6. DEFININDO OS EIXOS DE COORDENADAS.

Os eixos de coordenadas x e y podem ser definidos de acordo com o movimento que será analisado. Por exemplo, se estiver sendo analisado algum objeto em queda, será mais interessante colocar a origem do eixo de coordenadas no ponto onde o objeto inicia a queda. Se for algum móvel que é lançado verticalmente para cima, o sistema de coordenadas se torna mais conveniente se sua origem for colocada próximo ao chão. Lembrando que o sistema de eixos coordenados pode ser aplicado onde a pessoa que analisa o vídeo julgar mais adequado. Ele também pode ser arrastado e rotacionado de todas as formas possíveis. A inserção do eixo de coordenadas está descrita nas figuras 22 e 23.

Figura 22 - Como inserir o eixo de coordenadas. Fonte: O autor.

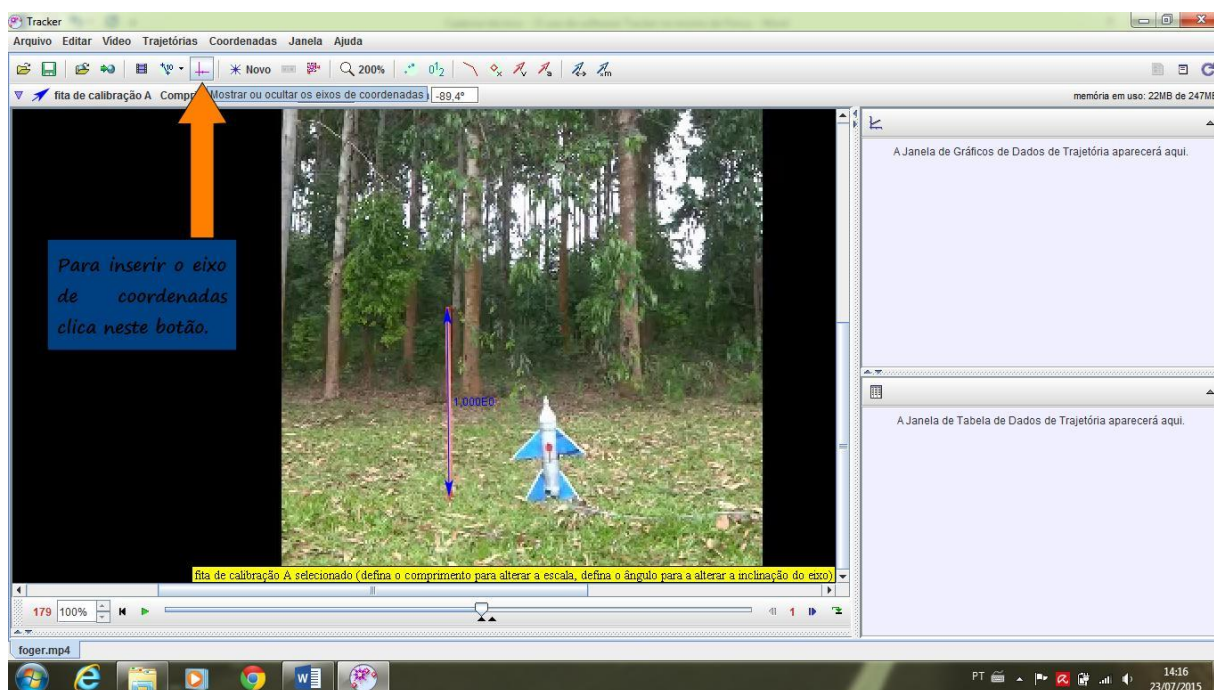
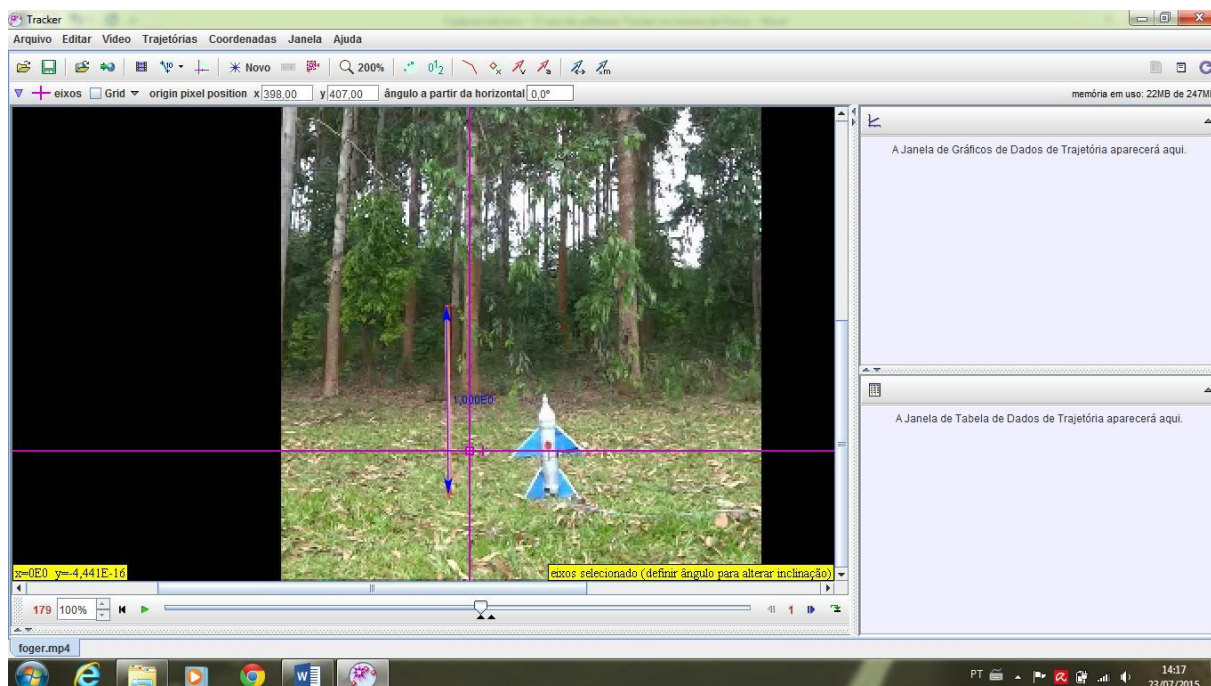


Figura 23 - O eixo de coordenadas pode ser rotacionado e ajustado da melhor maneira para descrever o movimento. Fonte: O autor.



4.7. MARCANDO OS PONTOS DE MASSA MANUALMENTE.

Os pontos de massa definem o ponto exato da janela de sequência de frames que o programa vai seguir para adquirir os dados selecionados pelo usuário. Estes pontos podem ser definidos manualmente como é mostrado nas figuras 24 e 25. Para marcar os pontos, a tecla *shift* deve ser mantida pressionada enquanto que cada clique com o botão esquerdo do mouse demarca um ponto de massa e faz com que o frame seja alterado para o seguinte, onde novamente deverá ser marcado o ponto de massa do objeto, e assim sucessivamente até chegar ao fim dos *frames* previamente selecionados.

Figura 24 - Marcando os pontos de massa manualmente. Fonte: O autor.

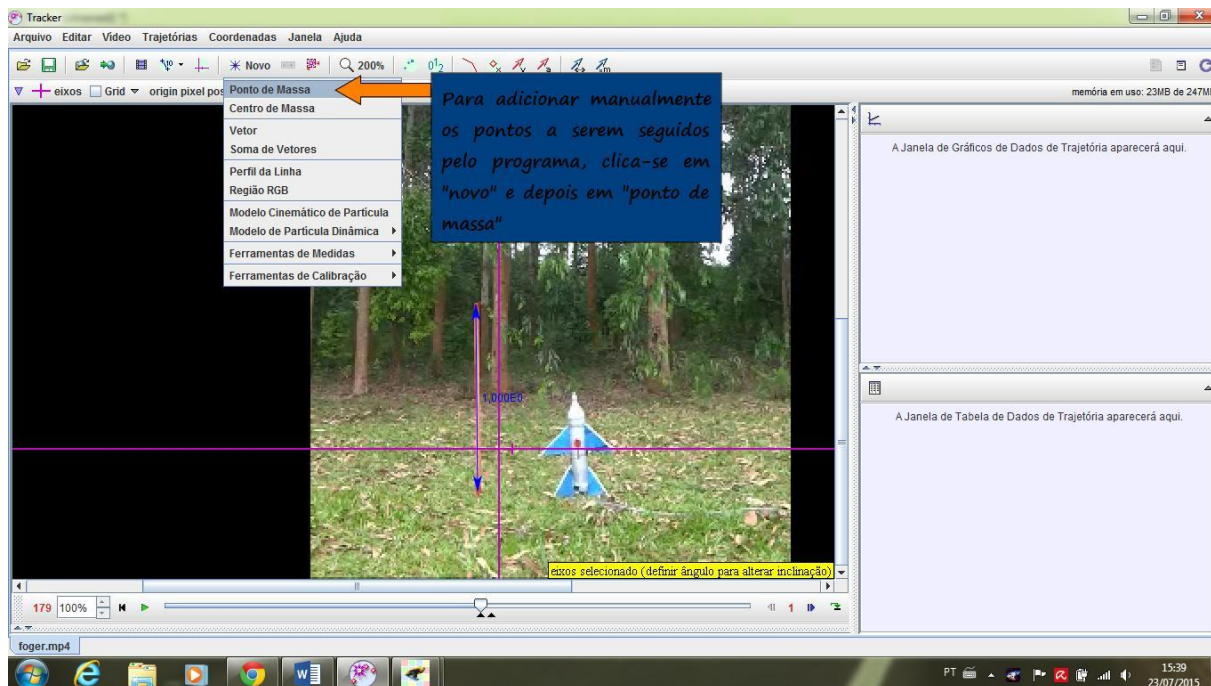
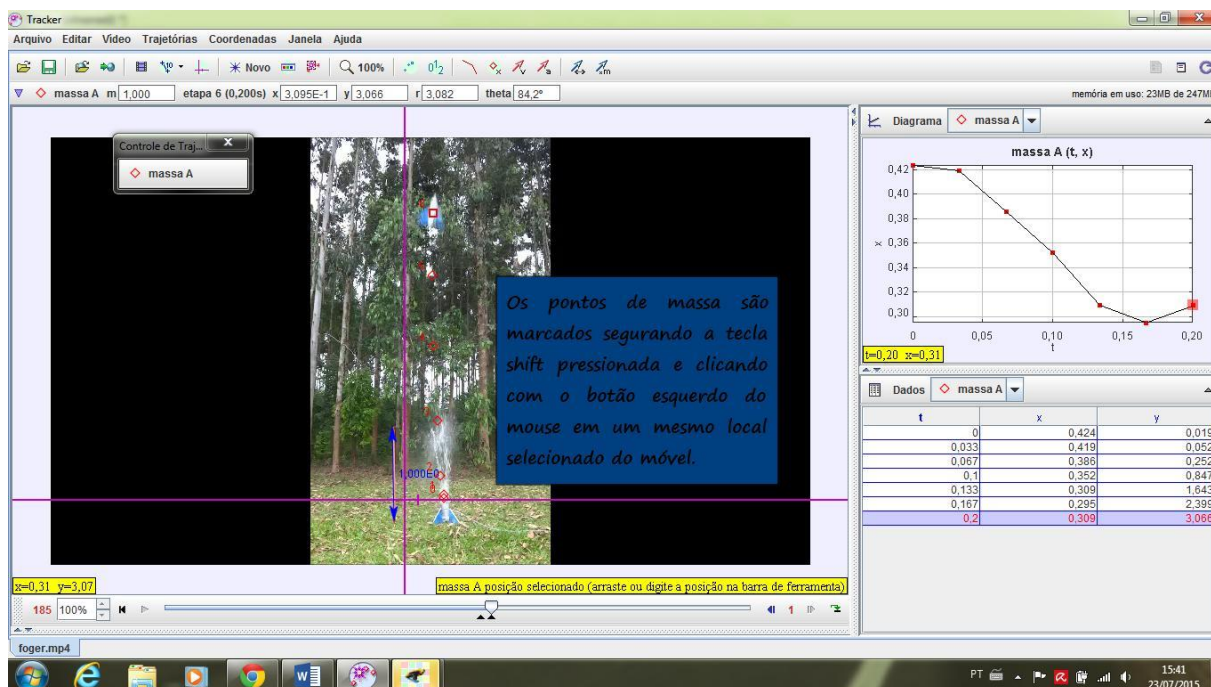


Figura 25 - Pontos de massa marcados manualmente com as informações adquiridas mostradas na tabela e no gráfico do lado esquerdo da tela. Fonte: O autor.



4.8. MARCANDO OS PONTOS DE MASSA AUTOMATICAMENTE.

Os pontos de massa podem ser mais convenientemente adquiridos com a função trajetória automática, que se mostra muito útil quando temos algum objeto que se movimenta muito lentamente e a quando a quantidade de frames analisados é muito grande. Para que esta função seja usada com sucesso o contraste existente no cenário do vídeo em relação ao móvel presente nele deve ser adequado, pois o programa irá rastrear o movimento tendo como parâmetro inicial o ponto marcado pelo usuário. Este procedimento é descrito nas figuras 26 à 30.

Figura 26 - Como marcar os pontos de massa automaticamente. Fonte: O autor.

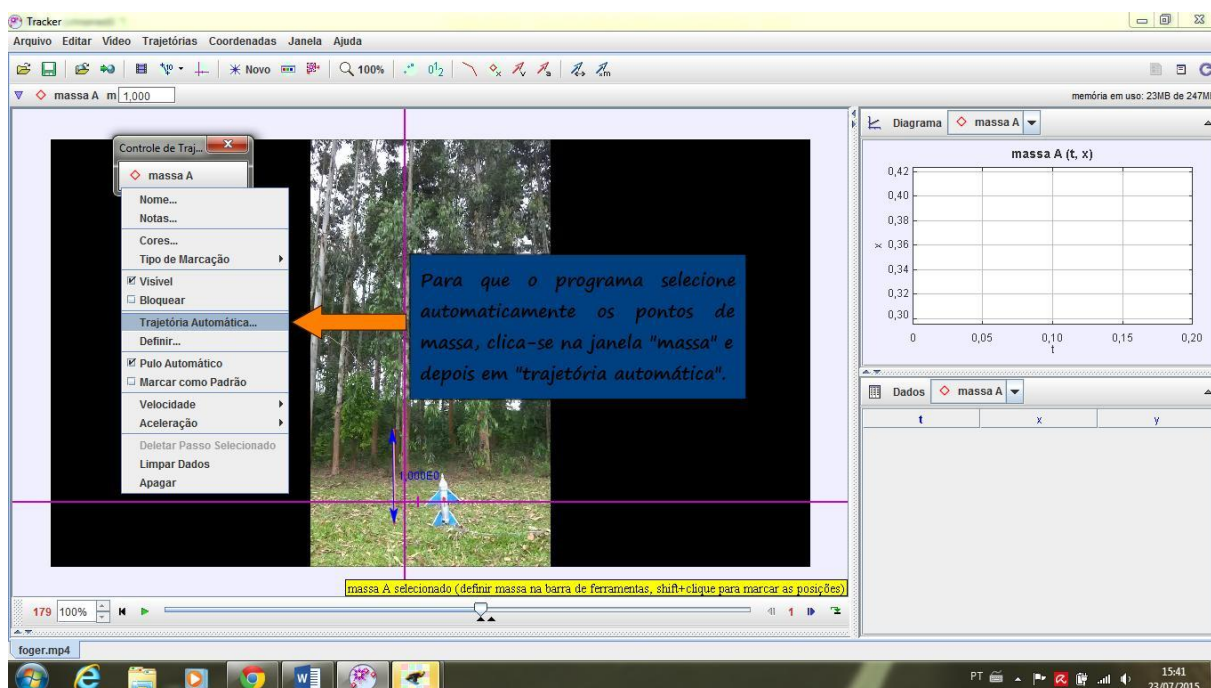


Figura 27 - Instruções que devem ser seguidas. Fonte: O autor.

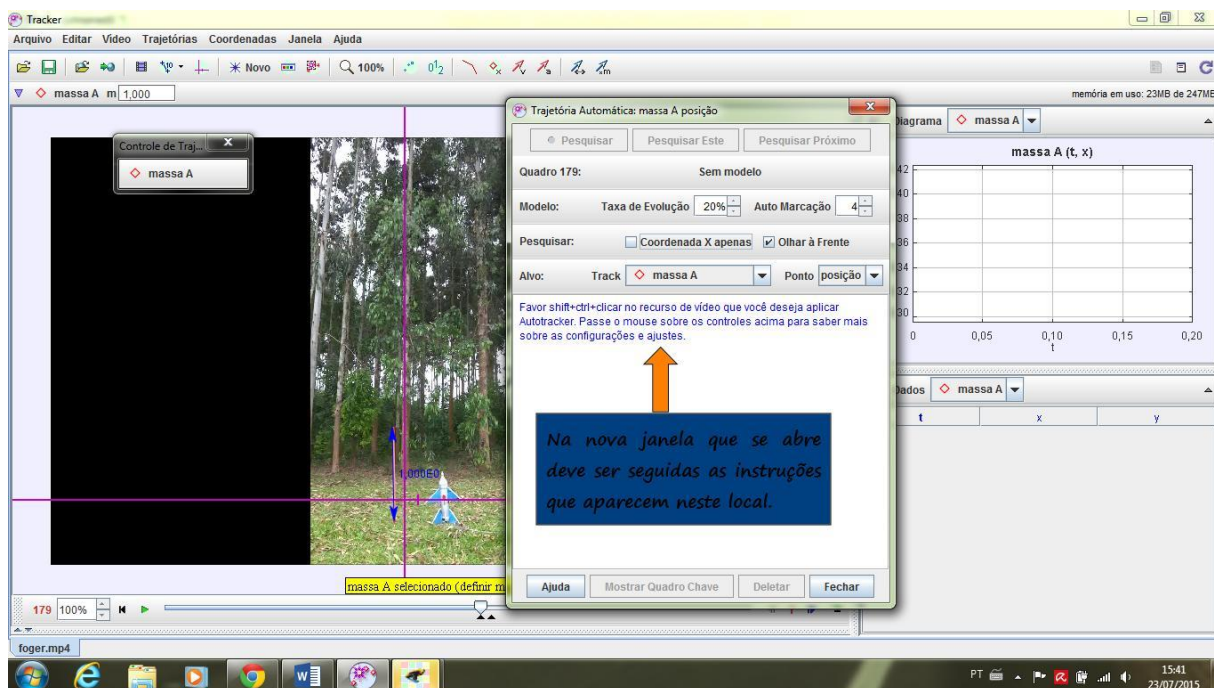


Figura 28 - Modelo que o programa irá seguir na sequência de frames. Fonte: O autor.

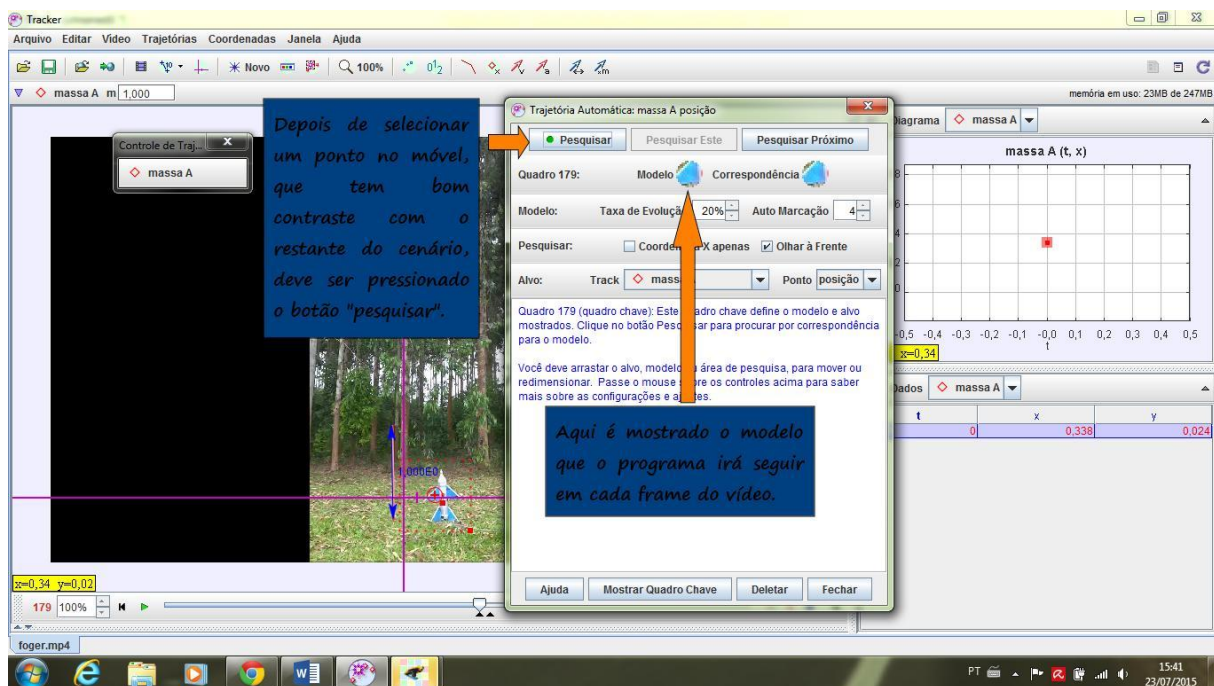


Figura 29 - Informações acerca do movimento coletadas automaticamente. Fonte: O autor.

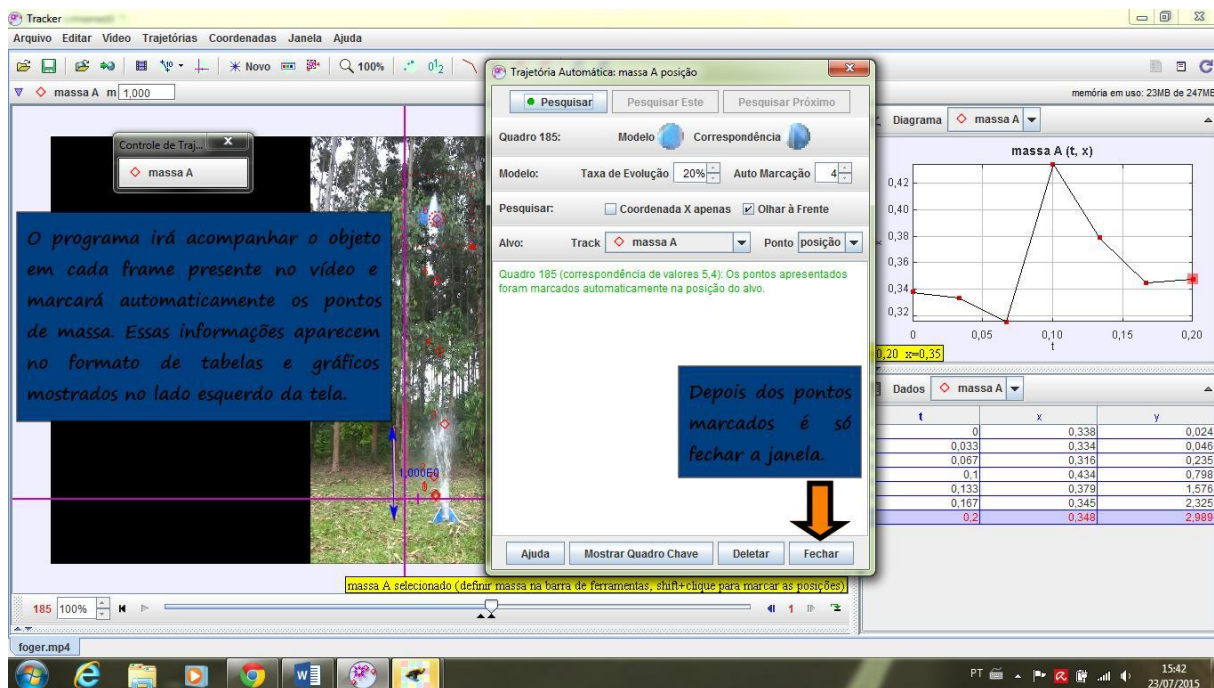
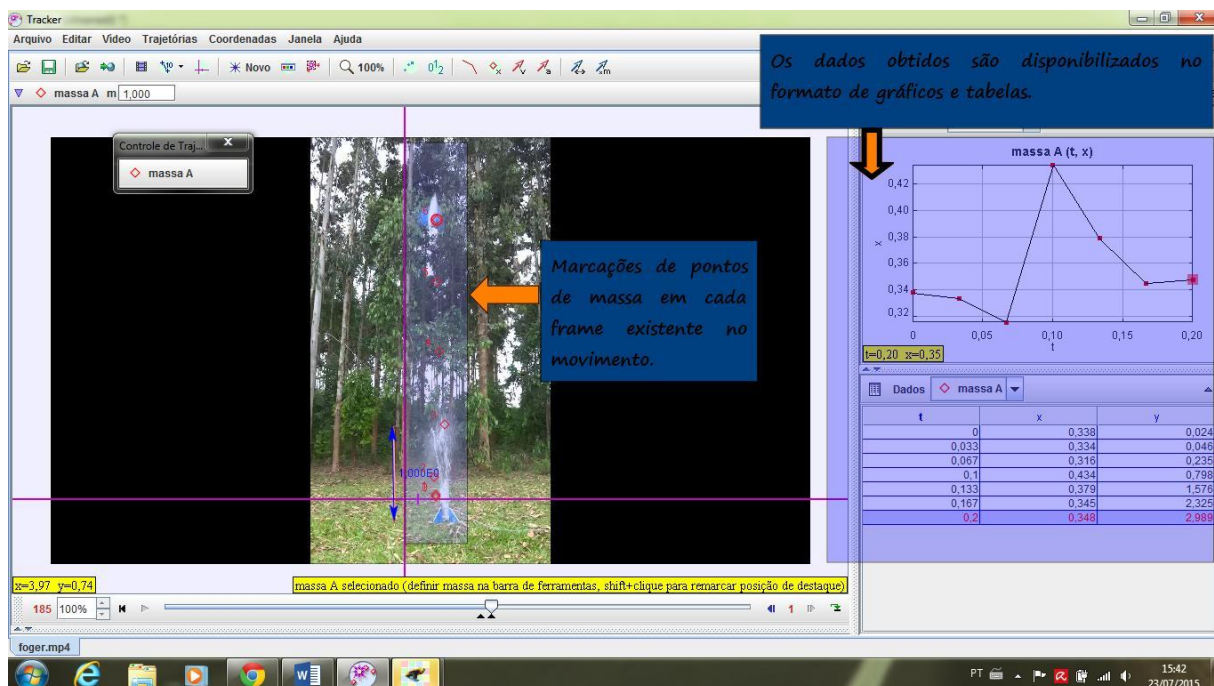


Figura 30 - Informações sobre o movimento do objeto coletado em formato de tabelas e gráficos. Fonte: O autor.



4.9. TABELAS E GRÁFICOS.

Os dados obtidos podem ser copiados e analisados de diferentes maneiras, inclusive com o emprego de outros programas que constroem gráficos. Nas figuras 31 à 40 é mostrado como obter informações através dos gráficos criados com o programa *Tracker*.

Figura 31 – Dados obtidos. Fonte: O autor.

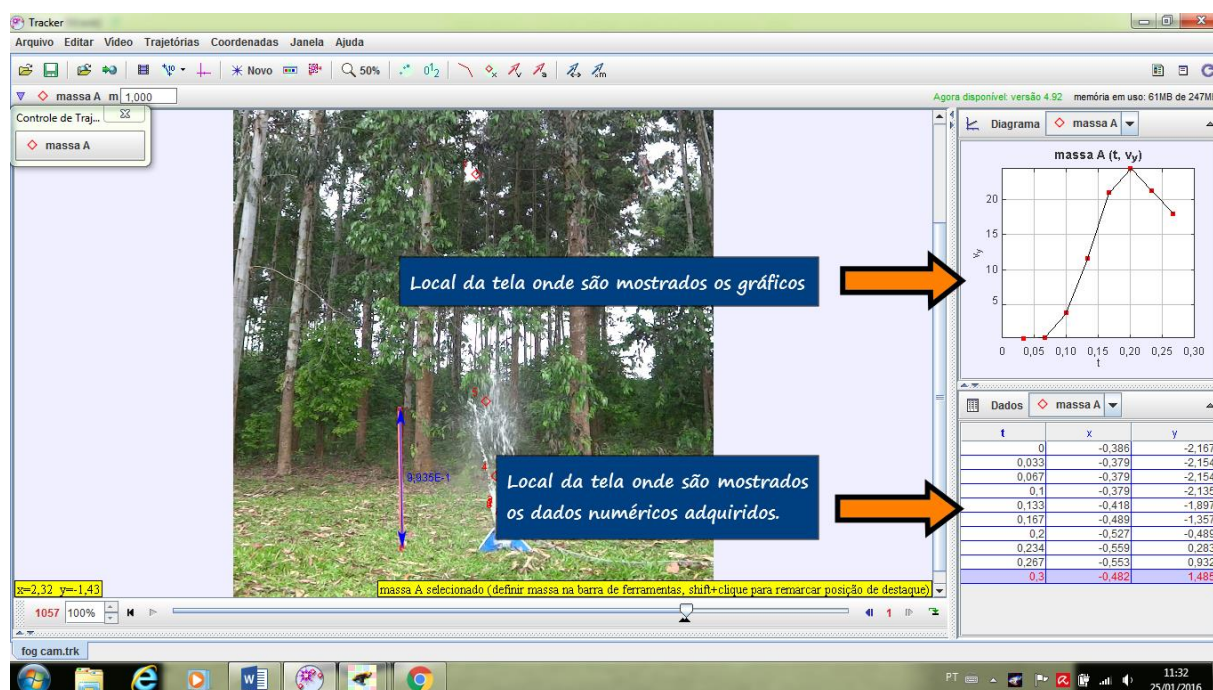


Figura 32 – Gráficos. Fonte: O autor.

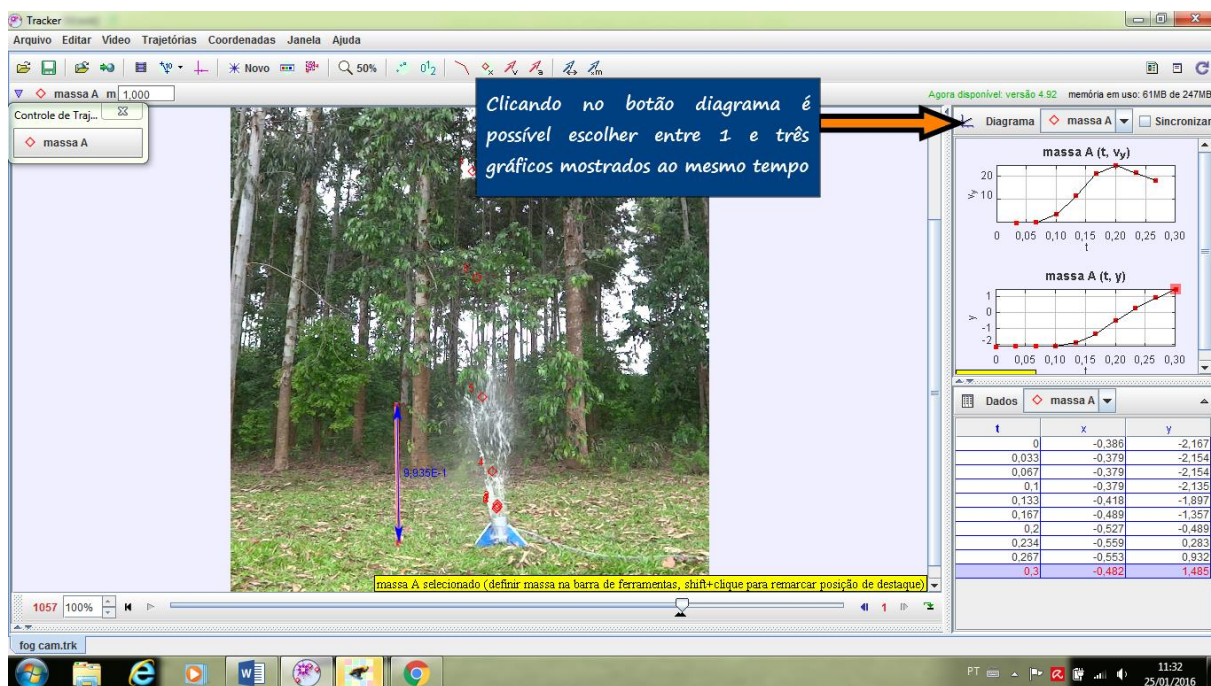


Figura 33 – Eixos de coordenadas. Fonte: O autor.

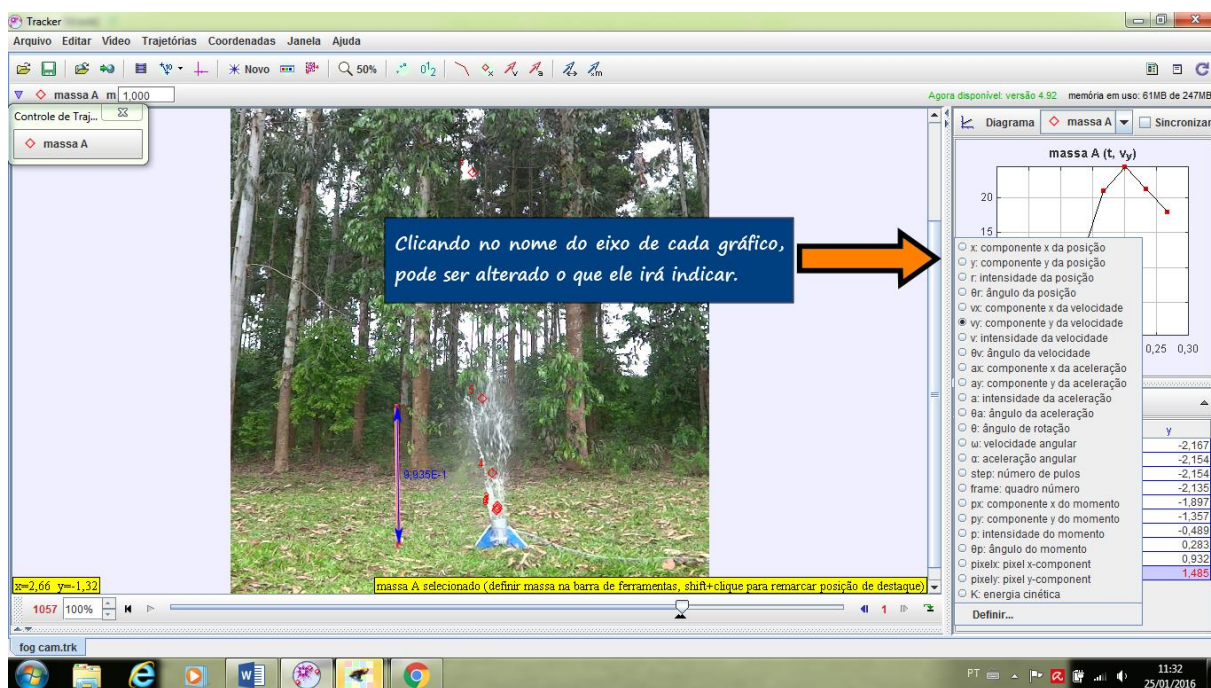


Figura 34 – Grandezas visualizadas nas tabelas. Fonte: O autor.

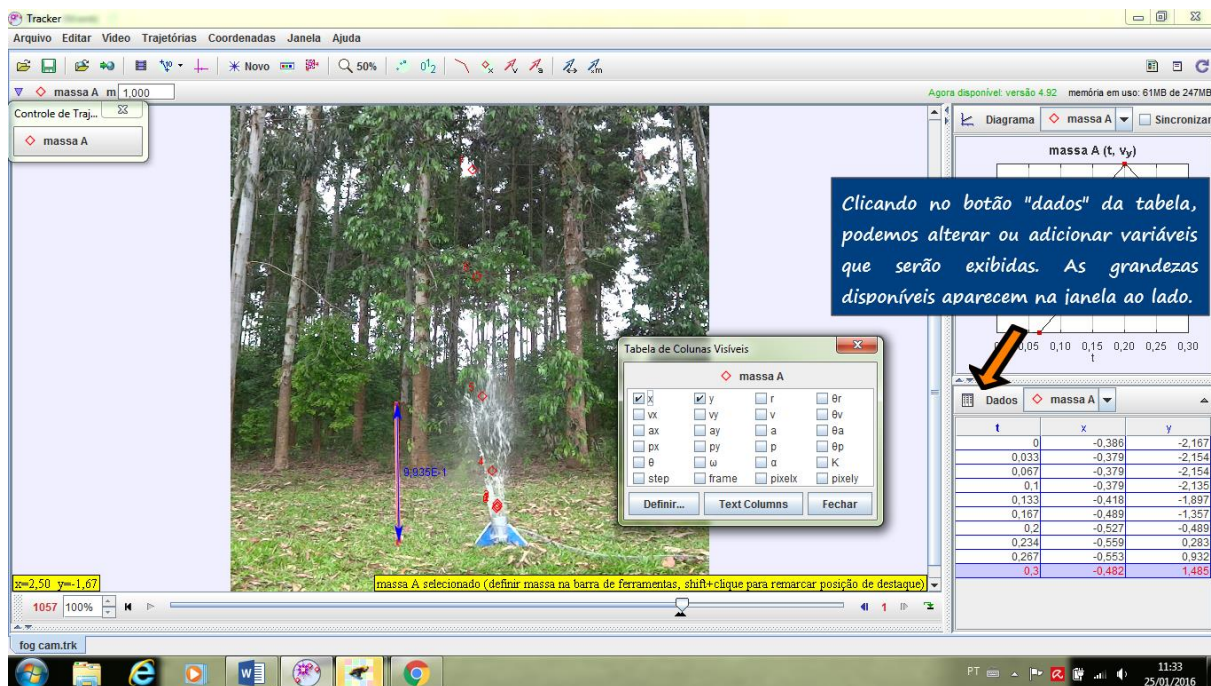


Figura 35 – Analisando os gráficos. Fonte: O autor.

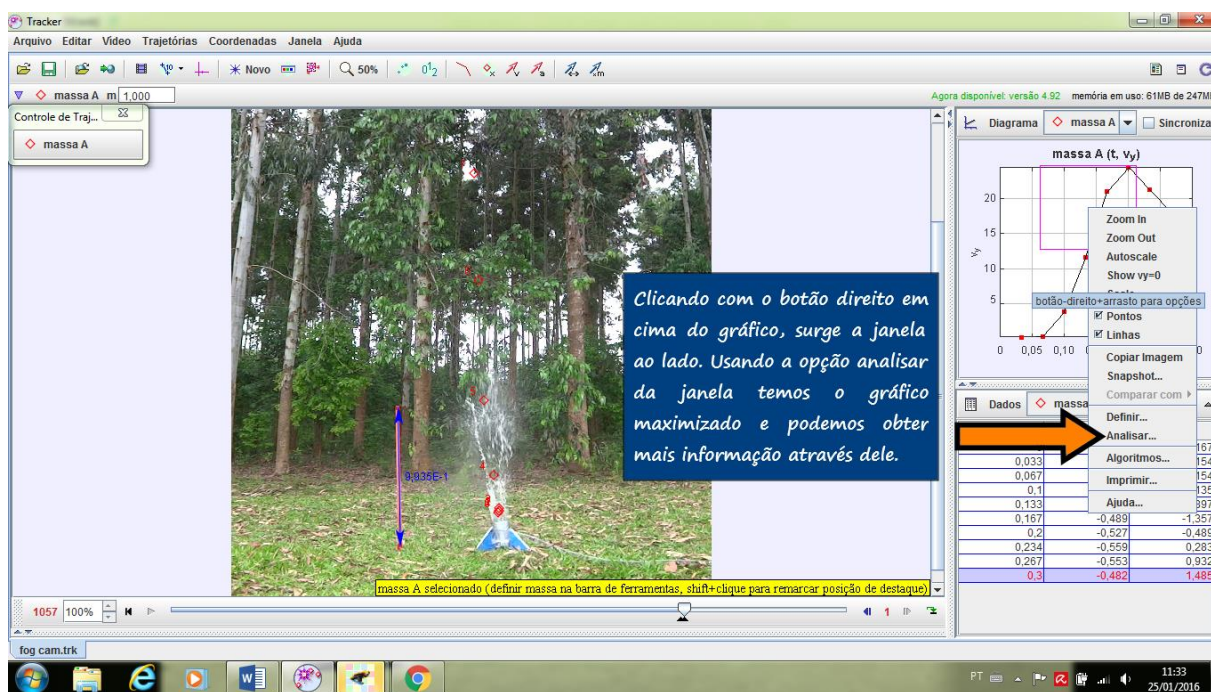


Figura 36 - Janela de análise dos gráficos. Fonte: O Autor.

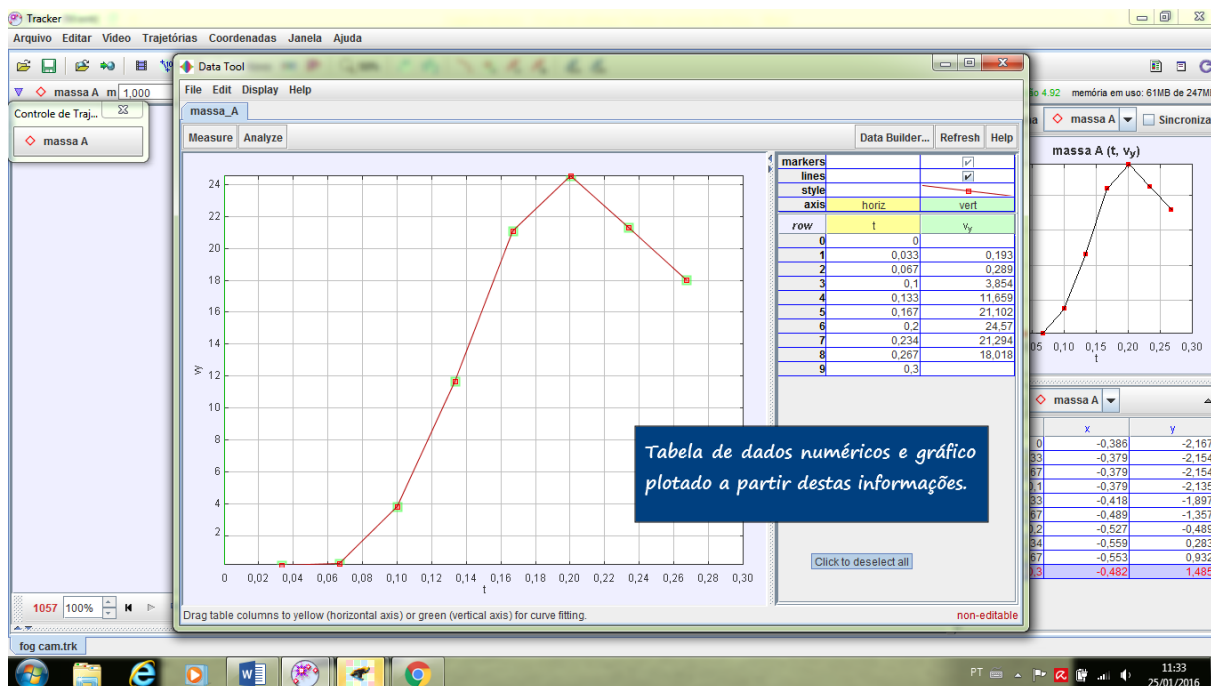


Figura 37 - Escalas dos gráficos. Fonte: O autor.

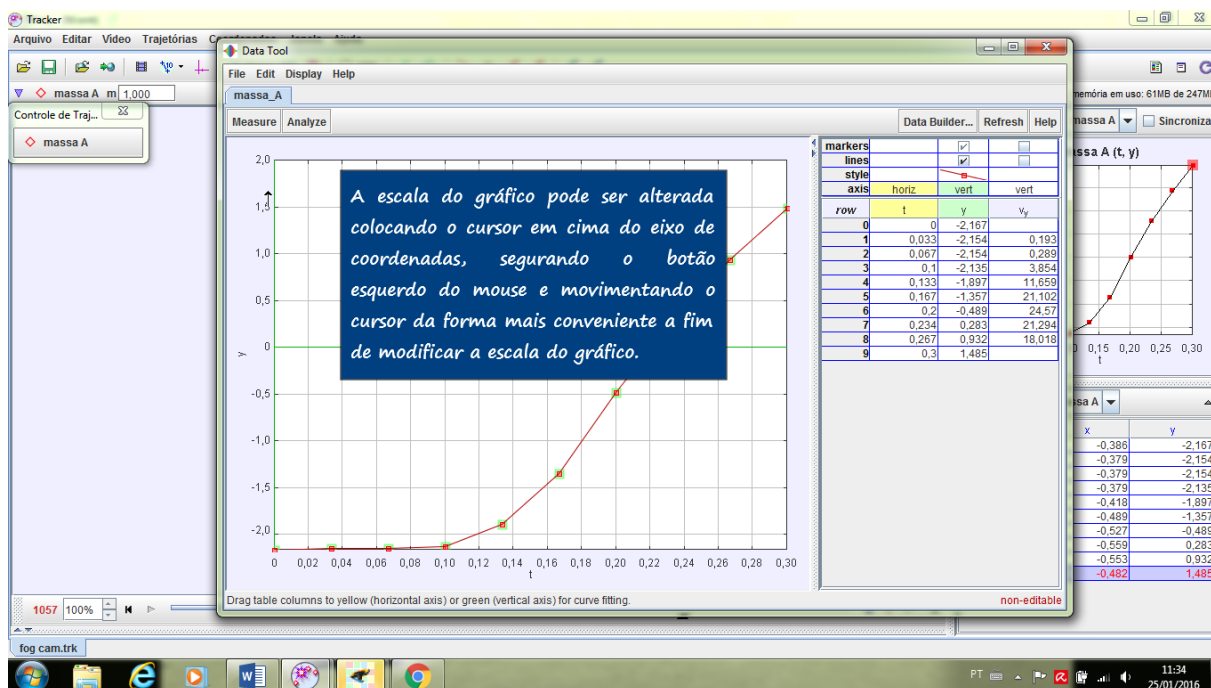


Figura 38 - Traçando a melhor curva para os dados obtidos. Fonte: O autor.

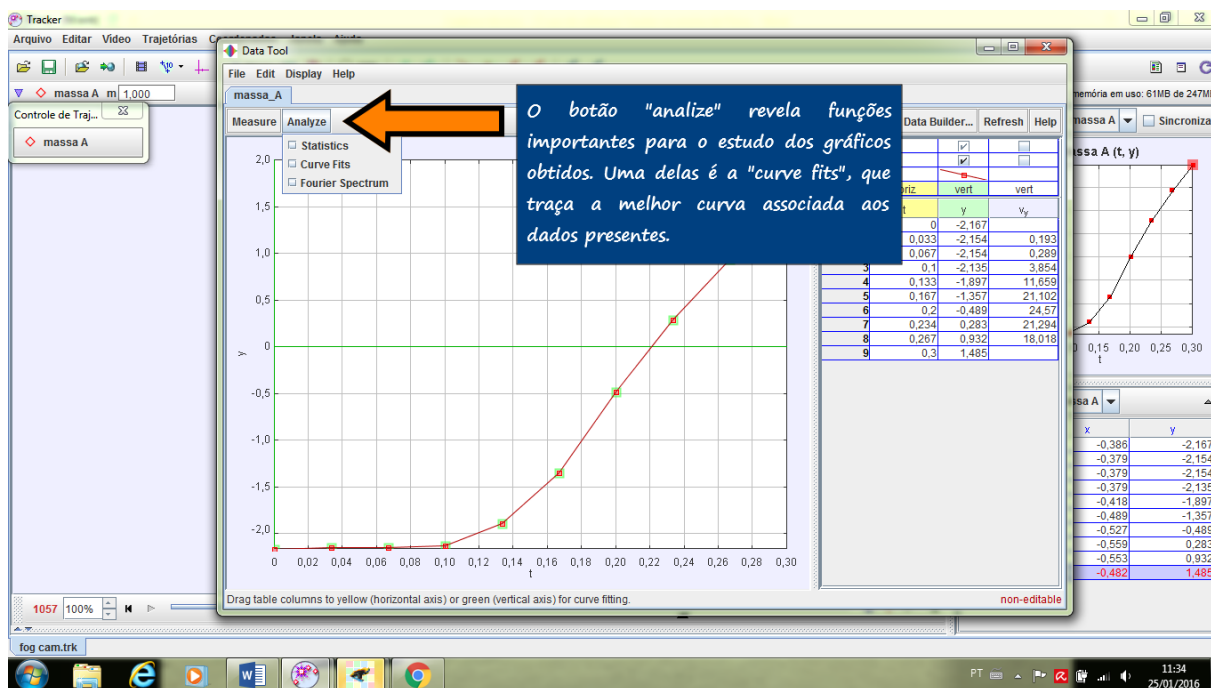


Figura 39 - Informações obtidas com a função curve fits. Fonte: O autor.

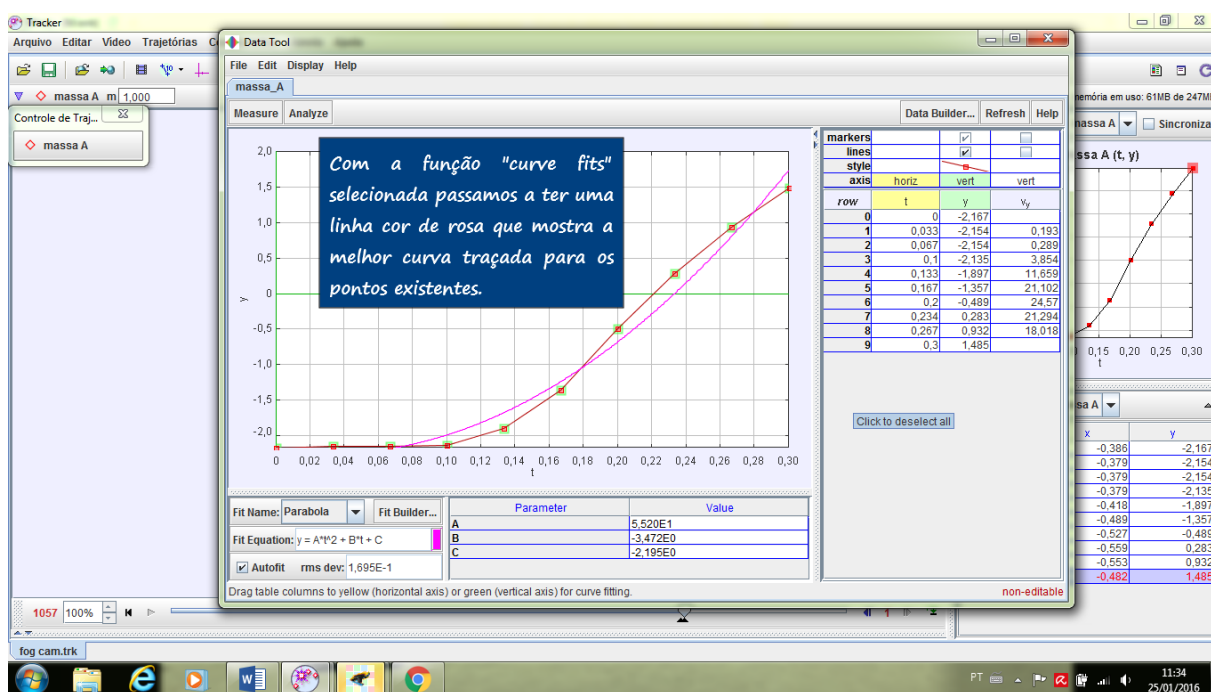
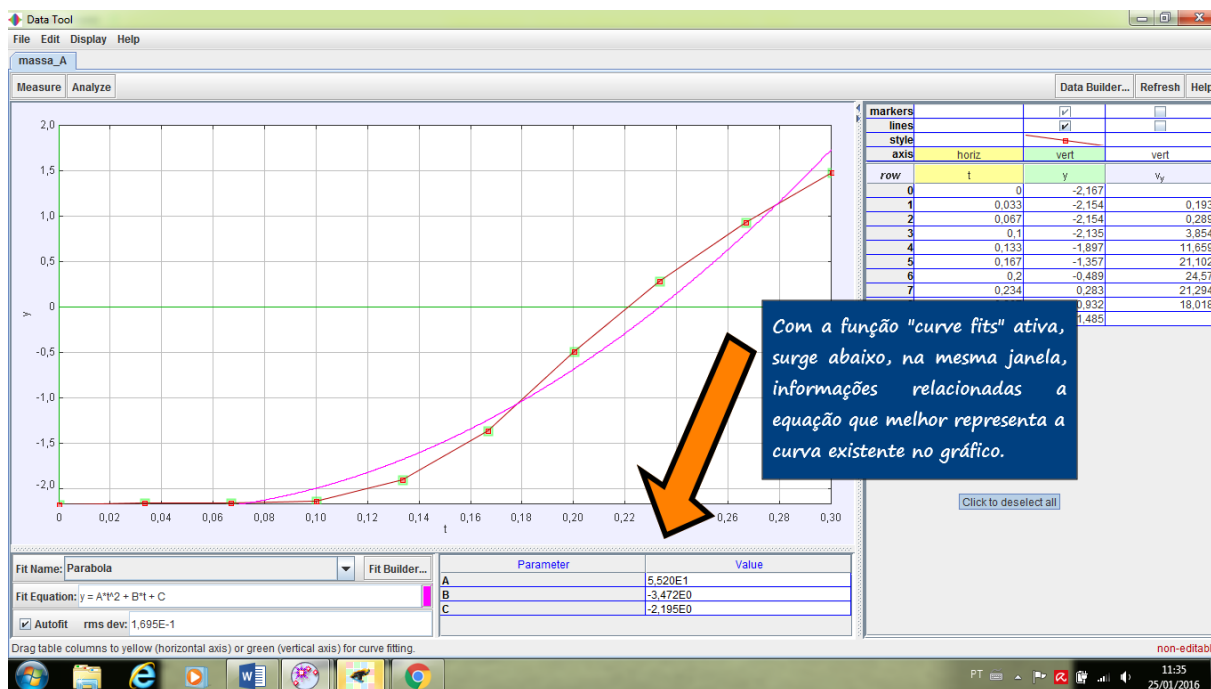


Figura 40 - Informações e equação que melhor representa o movimento analisado com o programa *Tracker*.
Fonte: O autor.

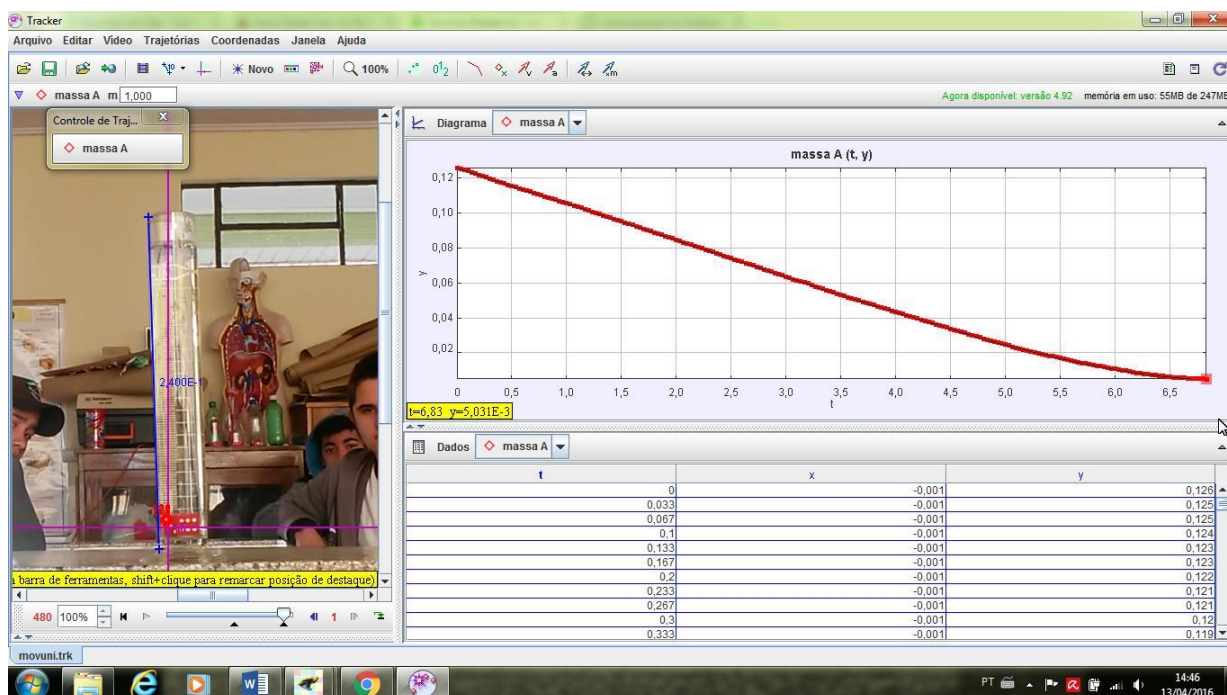


5. EXEMPLOS COMENTADOS.

5.1. MOVIMENTO UNIFORME.

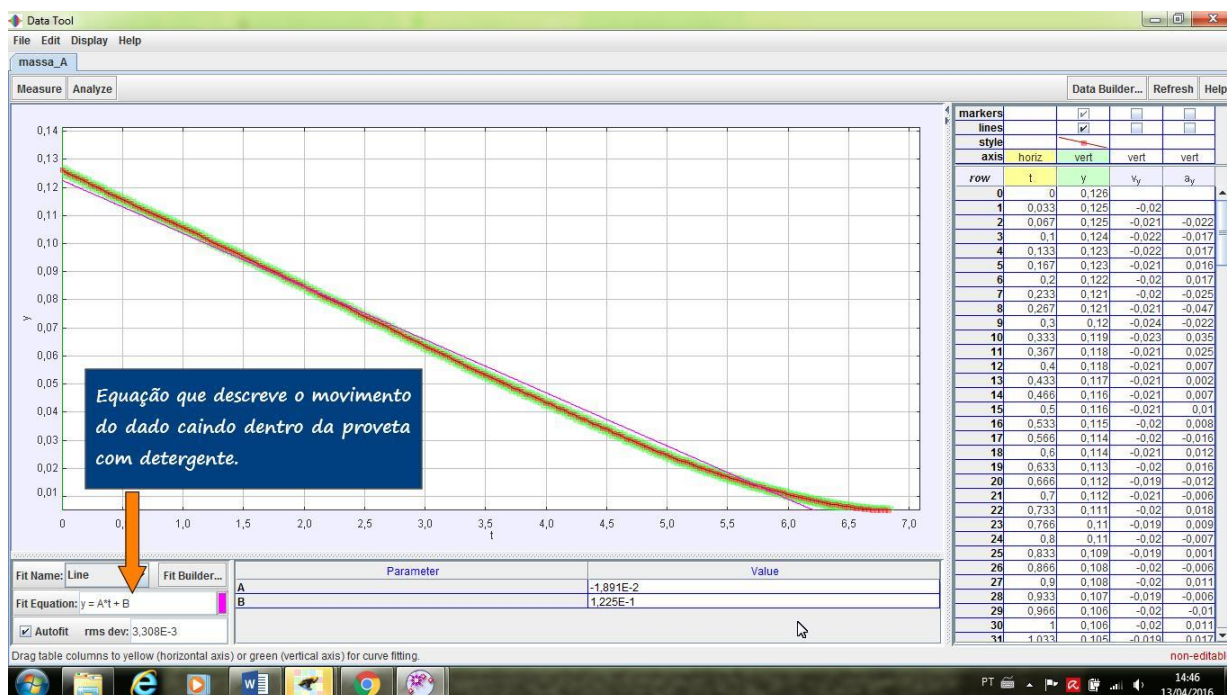
Para demonstrar a análise, através do programa *Tracker*, de um objeto em movimento uniforme utilizaremos a filmagem de um dado caindo dentro de uma proveta preenchida com detergente.

Figura 41 - Experimento de um dado numérico caindo dentro de proveta cheia de detergente. Fonte: O autor.



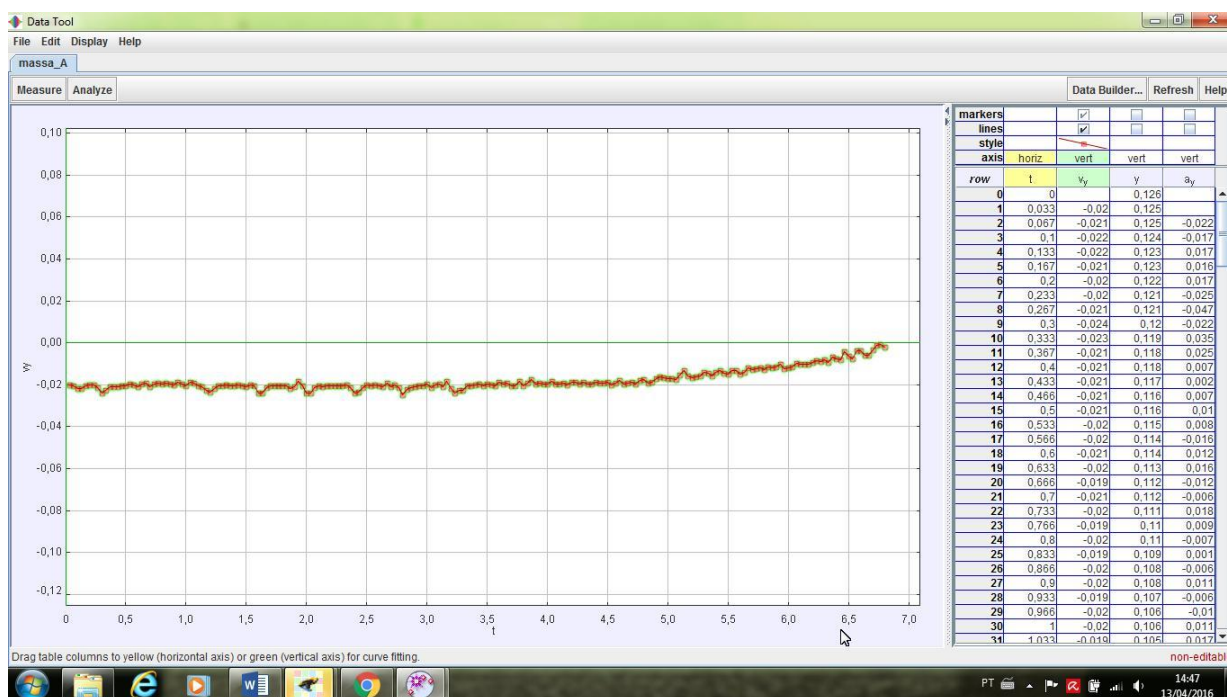
Depois de executar todos os procedimentos necessários para aquisição dos dados que o programa precisa, obtemos os seguintes gráficos do movimento filmado:

Figura 42 - Gráfico y x t. Fonte: O autor.



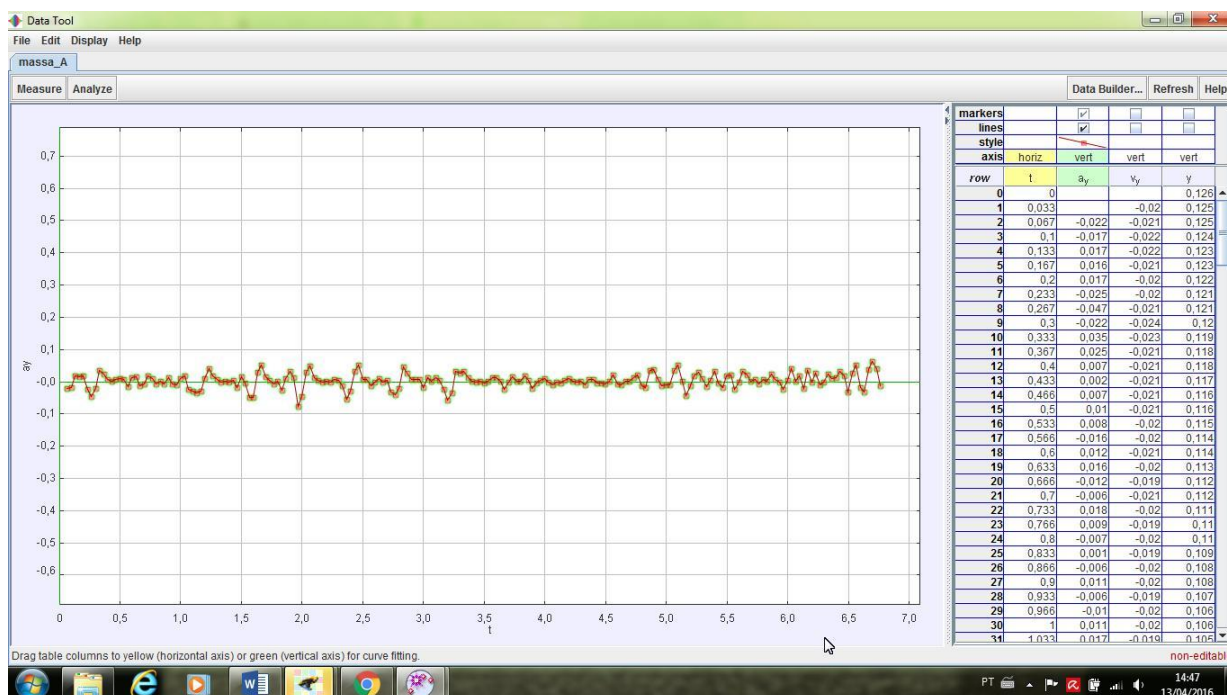
Podemos observar no gráfico posição em y versus tempo a figura característica de uma reta crescente, como é de se esperar de um objeto que se movimenta de maneira uniforme. Analisando os dados numéricos mais minuciosamente, concluímos que o dado cai, em média, 1 mm a cada 0,033 s. Tendo portanto uma velocidade média de 0,030 m/s. O programa traça a melhor curva avaliando todas as medidas obtidas, sendo possível obter a equação que descreve o gráfico do movimento com o valor das constantes A e B, que são, respectivamente, a velocidade constante e a posição inicial. Considerando todas as medições feitas pelo programa em cada frame do vídeo, temos a informação que o dado iniciou sua queda na posição 0,1225 m, em relação ao sistema de coordenadas definido, sendo a velocidade constante de queda de 0,01891 m/s, ou 18,91 mm/s, segundo o programa.

Figura 43 - Gráfico da velocidade em y versus tempo. Fonte: O autor.



No gráfico da velocidade no eixo y versus tempo vemos que a velocidade permanece constante e com valor de 0,02 m/s na maior parte do movimento. Depois de 6 s a velocidade foi diminuindo devido aos efeitos de borda sentidos pelo dado, ao se aproximar do fundo da proveta. Entretanto fica claro que a velocidade no movimento uniforme permanece como uma constante quando nenhum efeito externo impõe influência no objeto em movimento.

Figura 44 - Gráfico da aceleração em y versus tempo. Fonte: O autor.



O gráfico da aceleração em função do tempo mostra que existe uma pequena oscilação nos valores encontrados devido a fatores externos, por exemplo, pela não homogeneidade do detergente no momento do experimento, mas é fácil de perceber, analisando o gráfico, que todos os pontos plotados oscilam em torno do valor zero, que é o que se espera de algo se movendo uniformemente, que a aceleração seja nula, já que a velocidade não varia com o passar do tempo.

5.2. MOVIMENTO ACELERADO.

Para exemplificar o uso do *Tracker* na análise de um movimento acelerado, vamos considerar o lançamento de um foguete movido a água e ar comprimido, como é mostrado na figura 45.

Figura 45 - Lançamento de foguete movido a água e ar comprimido. Fonte: O Autor.

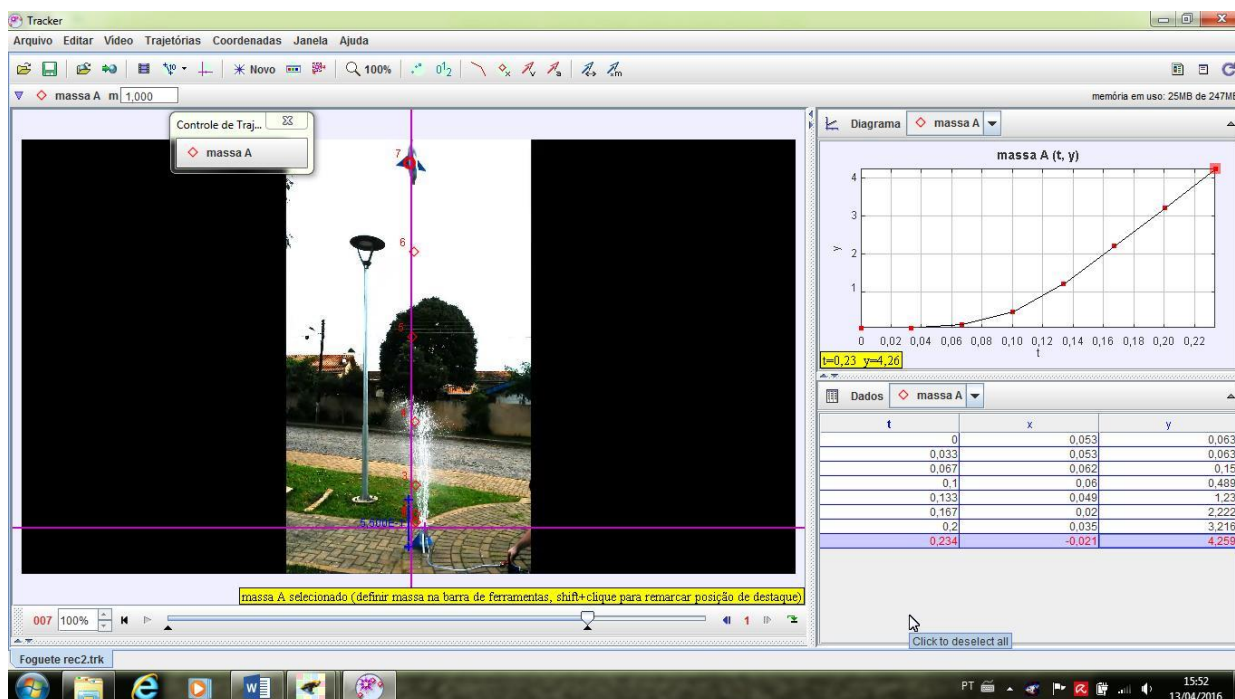
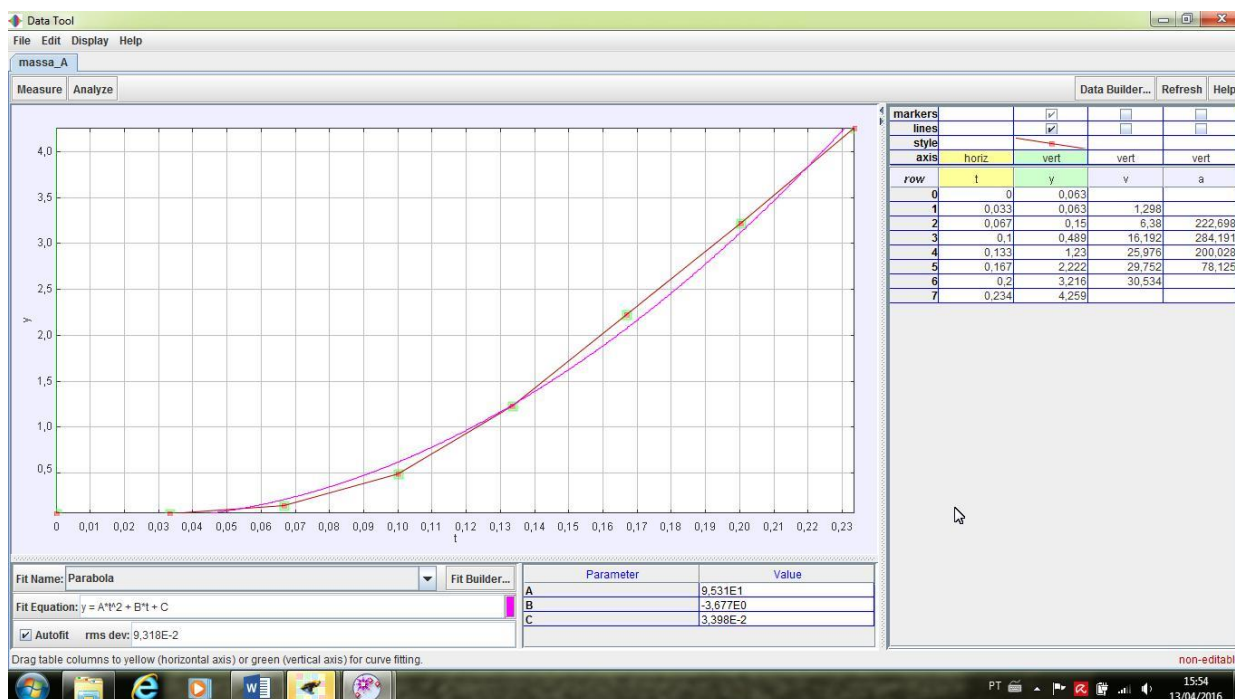


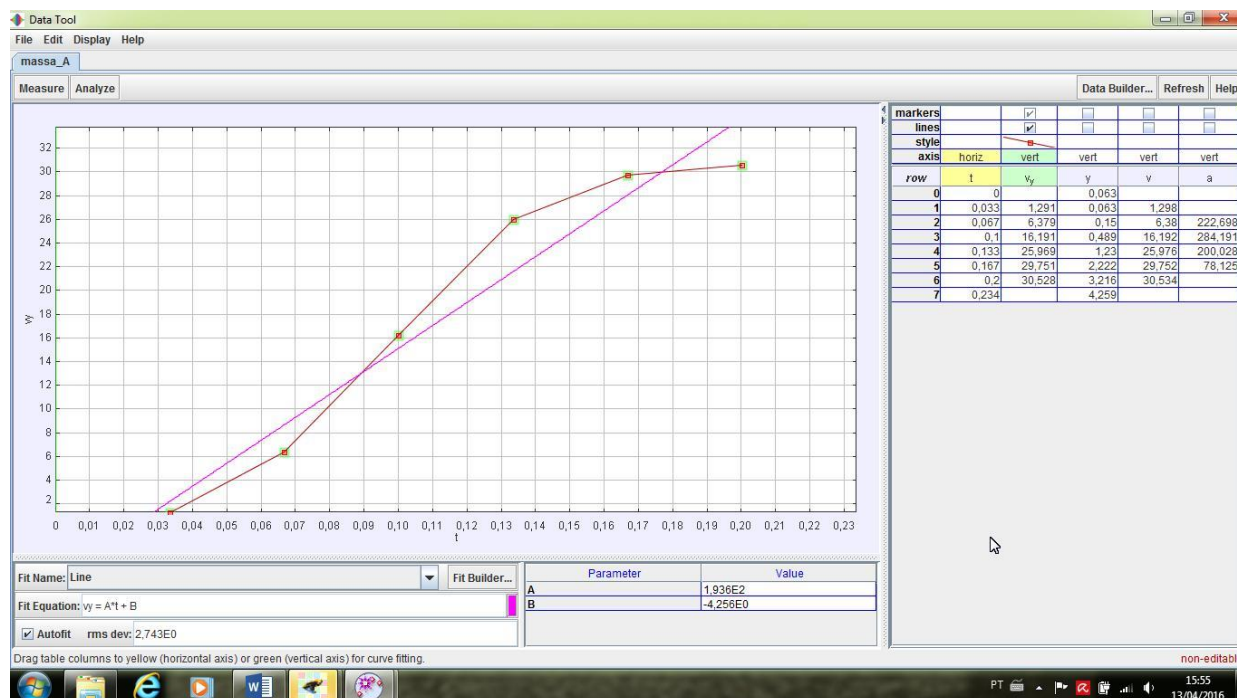
Figura 46 - Gráfico posição em y versus tempo. Fonte: O autor.



Podemos observar que o gráfico corresponde a uma meia parábola, o que nos leva a concluir que o móvel está acelerando com o passar do tempo, sempre percorrendo distâncias maiores para a passagem de um mesmo intervalo de tempo. Dando o comando para o programa

ajustar a melhor curva para o gráfico, obtemos as informações mostradas na área inferior da figura 46. Informações que revelam a velocidade de saída do foguete ou velocidade inicial, com valor de 3,677 m/s. Também podemos obter a aceleração do foguete, que teve a média de 95,31 m/s².

Figura 47 - Gráfico da velocidade no eixo y pelo tempo. Fonte: O Autor.

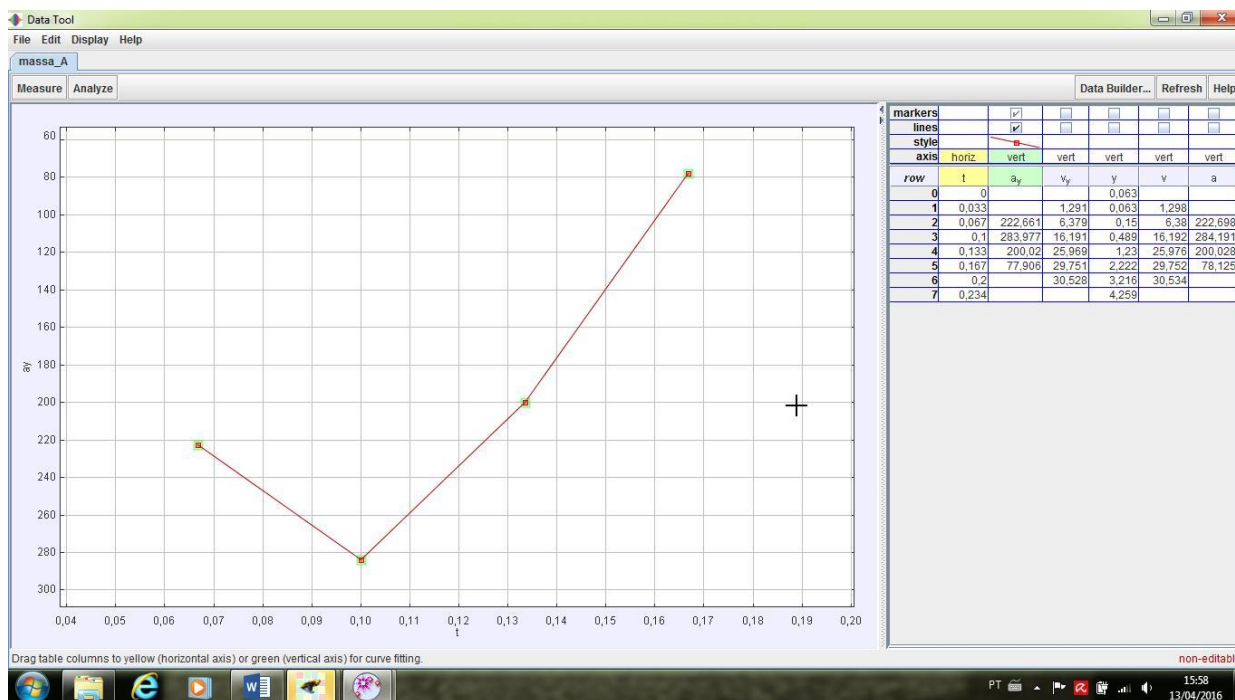


Olhando separadamente o gráfico velocidade no eixo y em função do tempo, vemos que a velocidade cresce rapidamente até o instante de tempo 0,165 s e depois começa a decrescer, devido ao atrito do corpo do foguete com o ar e principalmente devido à perda de pressão e água que estão sendo ejetados do foguete e sendo assim, diminuindo o seu empuxo.

Na melhor curva traçada pelo programa vemos que a velocidade inicial, neste gráfico da velocidade pelo tempo é de 4,256 m/s e a aceleração corresponde ao valor de 193,6 m/s².

A discrepância que pode ocorrer com os valores das grandezas medidas, principalmente com a velocidade e a aceleração, para um mesmo móvel, provém do pouco número de medições feitas devido a limitações da capacidade de filmagem. Quanto maior o número de medidas que o programa puder fazer de um objeto em movimento, melhores serão os dados obtidos e as diferenças de valores das grandezas obtidas, em dependências dos gráficos que estão sendo analisados, tendem a desaparecer.

Figura 48 - Gráfico da aceleração no eixo y versus tempo. Fonte: O Autor.

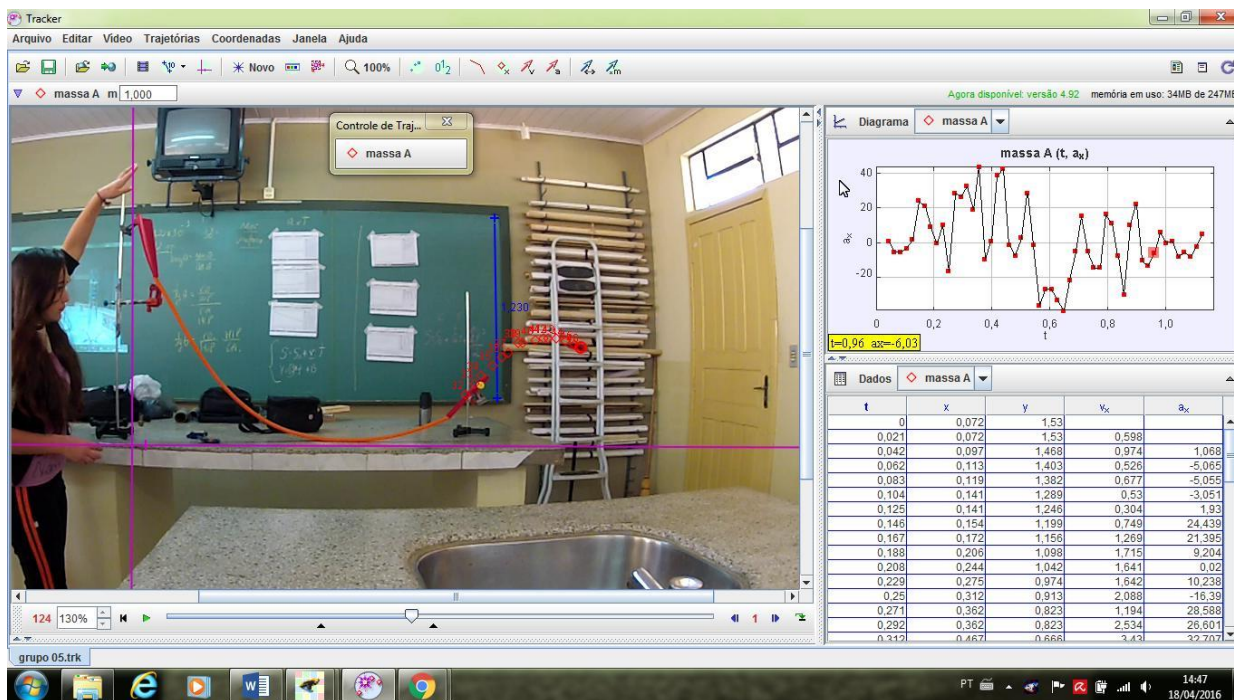


Para o gráfico da aceleração pelo tempo, vemos que o programa conseguiu captar apenas quatro pontos ao longo da trajetória do foguete. O ideal seria utilizar um melhor contraste entre o foguete e o plano de fundo, bem como posicionar a câmera o mais longe possível, de modo a filmar o foguete chegando a uma altura maior, tornando possível também a captação de mais pontos e ter uma melhor representação de como a aceleração está se comportando com o passar do tempo. No caso do gráfico da figura 48 vemos que a aceleração aumenta abruptamente no início do movimento, chegando a 284 m/s^2 e depois vai decrescendo rapidamente também até o último valor que o programa conseguiu obter, que corresponde a 78 m/s^2 .

5.3. COMPOSIÇÃO DE MOVIMENTOS.

O experimento construído para a análise do movimento em duas dimensões, consiste de um carrinho de brinquedo abandonado para descer uma rampa, que possui seu trajeto final inclinado, como é mostrado figura 49.

Figura 49 - Objeto descendo por uma rampa. Fonte: O autor.



As informações retiradas da filmagem com o programa *Tracker*, e plotadas nos gráficos abaixo mostram um movimento uniformemente variado nas coordenadas x e y enquanto o móvel desce a rampa. Após o móvel deixar a rampa ele passa a apresentar o movimento uniforme no eixo x e movimento uniformemente variado no eixo y , sofrendo ação da aceleração da gravidade local.

A figura 50 evidencia que o móvel deixa a rampa no instante de tempo $t = 0,65$ s. Passando a ter aceleração média igual a zero depois do instante de tempo citado.

Como o movimento é relativamente rápido e o objeto filmado pequeno, o programa apresenta certa dificuldade de rastrear o movimento com exatidão. Mesmo assim pode ser percebido no gráfico da figura 50 que existe uma aceleração positiva quando o móvel desce a rampa, quando está subindo a inclinação final ocorre uma pequena desaceleração e depois de saltar da rampa a aceleração média no eixo x é zero.

Analisando o gráfico da figura 51, que mostra o comportamento da aceleração no eixo y , vemos que existe a aceleração do móvel descendo a rampa, uma pequena desaceleração quando ele sobe a inclinação final e por fim, quando o móvel deixa a rampa, temos pontos que indicam uma aceleração constante agindo no móvel no sentido vertical. Se calcularmos a aceleração média dos pontos marcados encontraremos o valor aproximado da aceleração da gravidade no local, que age no sentido y do movimento após o móvel deixar sua rampa de lançamento.

Figura 50 - gráfico da aceleração no eixo x pelo tempo. Fonte: O autor.

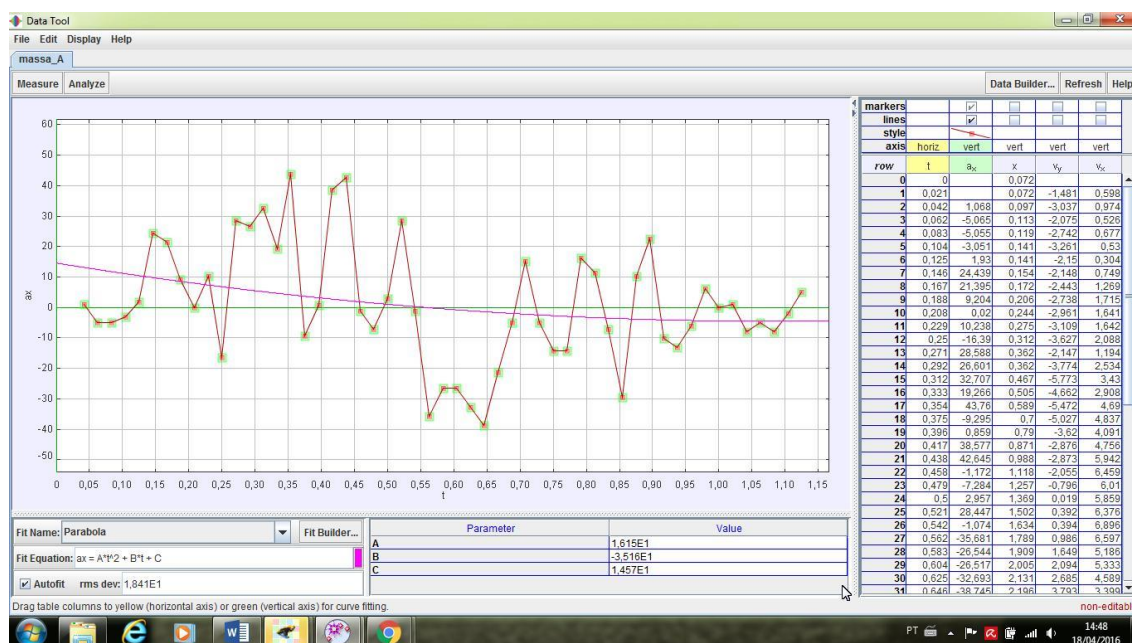


Figura 51 - Gráfico da aceleração no eixo y pelo tempo. Fonte: O autor.



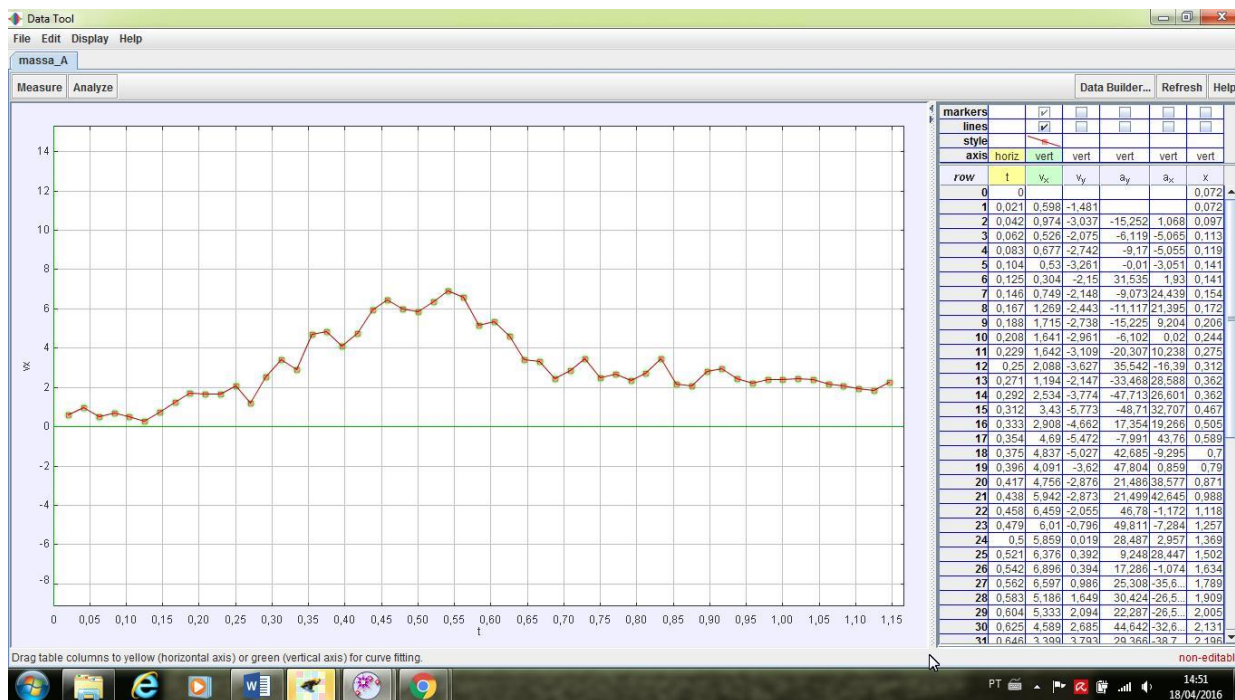
Na figura 52 temos a plotagem da velocidade no eixo y em relação ao tempo decorrido do movimento. Na mesma figura, o móvel tem velocidade igual a zero no eixo y no tempo 0,50 s. É mais claro ainda o momento que o móvel deixa a rampa, que ocorre no tempo de 0,65 s. Após este instante a velocidade em y vai aumentando com o tempo devido a ação da aceleração da gravidade após o móvel ser lançado.

Na figura 53, vemos que a velocidade em x cresce enquanto o móvel desce a rampa, não existindo inversão do sentido do movimento, e após seu lançamento do móvel, ou seja, após o tempo $t = 0,65$ s, temos a velocidade em x sendo praticamente uma constante, já que não teremos aceleração neste eixo após o móvel deixar a rampa.

Figura 52 - Gráfico da velocidade no eixo y pelo tempo. Fonte: O autor.

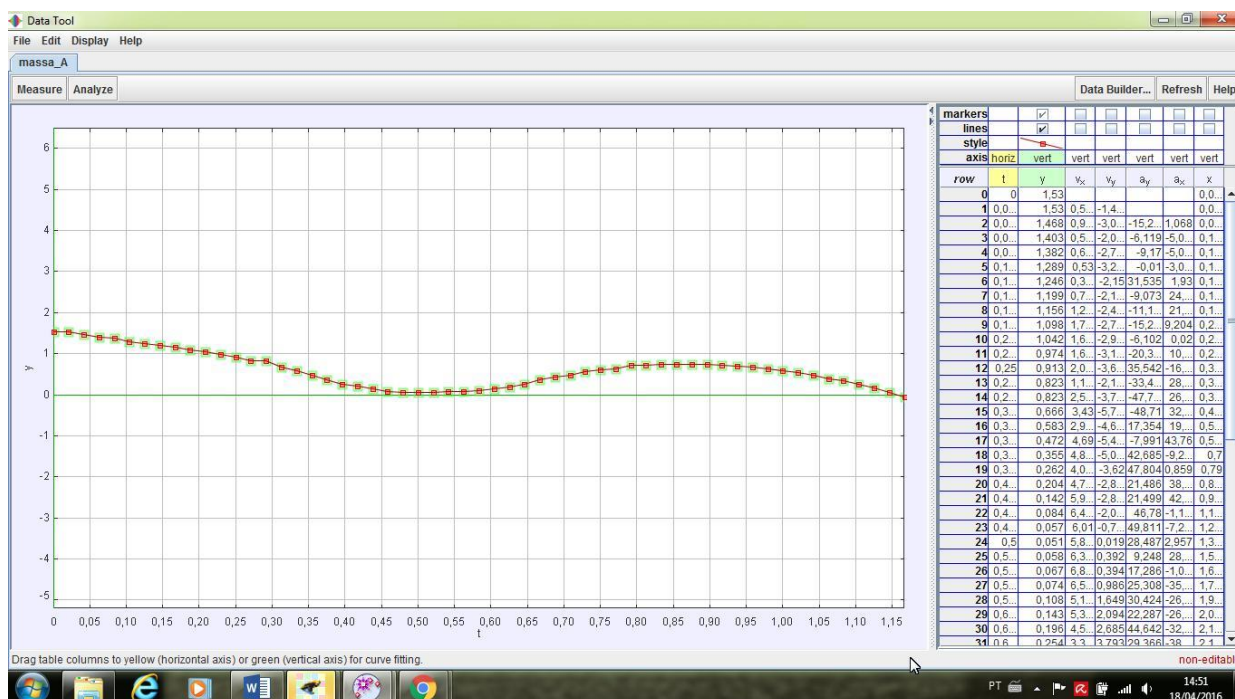


Figura 53 - Gráfico da velocidade no eixo x pelo tempo. Fonte: O autor.



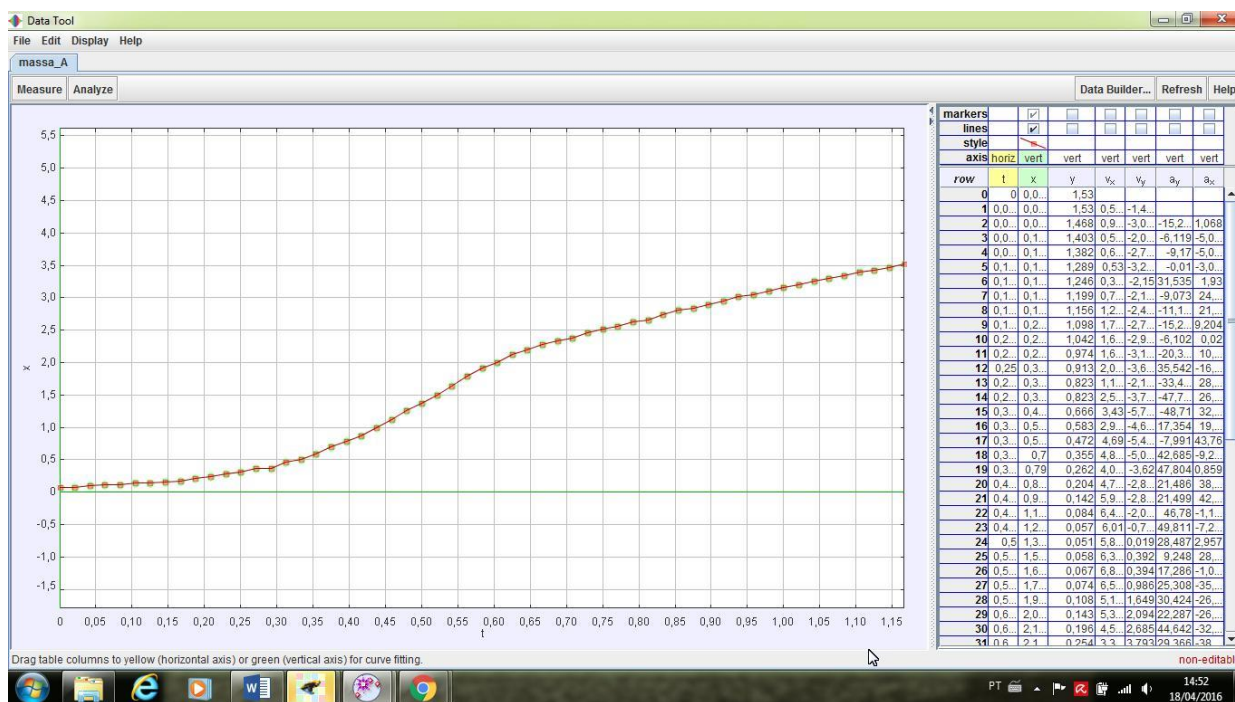
Analisando o gráfico do movimento no eixo y em relação ao tempo, presente na figura 54, vemos uma descrição fiel da trajetória do móvel, que foi solto de 1,53 m de altura, chegou na parte mais baixa da rampa, onde a posição na coordenada y é igual a zero metros, e depois voltou a se elevar até a altura de 0,80 m após saltar da inclinação final da rampa. Após o salto, o móvel sofre a queda imposta pela aceleração da gravidade local.

Figura 54 - Gráfico da posição no eixo y pelo tempo. Fonte: O autor.



Por fim, a figura 55 marca os pontos que o móvel ocupa obedecendo a coordenada x em função do tempo de movimento. Pela posição que o eixo de coordenadas foi definido na interface do programa *Tracker*, na inserção dos parâmetros iniciais para proceder a análise do movimento, temos o início do movimento em $x = 0$ m, que cresce acelerado até o tempo $t = 0,65$ s. A parábola que se esboça no gráfico neste intervalo de tempo mostra a aceleração existente. Após o tempo de 0,65 s do início do movimento, o gráfico mostra uma reta crescente, característica de um movimento que passa a ter velocidade constante na coordenada considerada, não apresentado mais aceleração na horizontal após deixar a rampa de lançamento.

Figura 55 - Gráfico da posição ocupada pelo móvel no eixo x pelo tempo. Fonte: O autor.



6. BIBLIOGRAFIA.

1. OPEN SOURCE PHYSICS (SOFTWARES COM CÓDIGO ABERTO, GRATUITOS). 2010. Disponível em: <http://www.compadre.org/osp/>>. Acesso em: 10 Fev. 2015.

7. ANEXOS.

7.1. A FÍSICA DOS MOVIMENTOS.

1. Conceitos básicos.

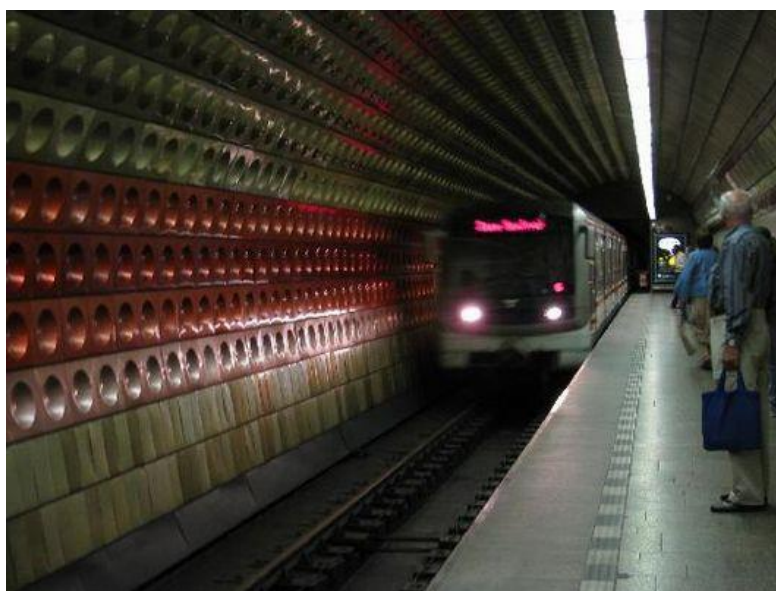
É necessário definir alguns conceitos que serão empregados no decorrer dos textos seguintes:

- Posição: Local onde o móvel se encontra em relação aos eixos orientados, relativamente a um ponto de referência, geralmente tomado como a origem, que corresponde, bidimensionalmente, a $x = 0$ e $y = 0$;
- Movimento: O movimento de um objeto consiste na mudança de sua posição com o decorrer do tempo;
- Trajetória: Lugar geométrico dos pontos do espaço que objeto se movimentando ocupa com o passar do tempo;
- Referencial: Consiste do local onde o movimento é observado. A trajetória e a condição de o móvel estar ou não em movimento dependem do referencial adotado;
- Distância percorrida: Quantidade, em unidades de medida de comprimento, que o móvel andou em relação a sua origem. Independente do sentido do movimento;
- Deslocamento: Corresponde à variação da posição que o objeto se encontra em relação a posição na qual ele iniciou o movimento.

2. Velocidade média e Velocidade instantânea.

O movimento é relativo e tudo se move. Mesmo as coisas que parecem estar em repouso. Enquanto você está lendo isto, você está se movendo a aproximadamente a 107.000 quilômetros por hora em relação ao sol. Quando discutimos o movimento de algo, temos que fazê-lo em relação a alguma outra coisa. Se você caminha no corredor de um ônibus em movimento, sua rapidez em relação ao piso do ônibus é completamente diferente de sua rapidez em relação à estrada. Por exemplo, na figura 01, em relação à estação, o metrô e as pessoas estão se movendo? E em relação ao metrô, a estação e as pessoas estão em movimento? A resposta seria: depende do referencial adotado para a análise do movimento em questão.

Figura 01 – Relação entre movimento e referencial adotado para a análise de corpos se movimentando. Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/discovirtual/aulas/15333/imagens/relativo07.jpg>. Acessada em: 10/06/2015.

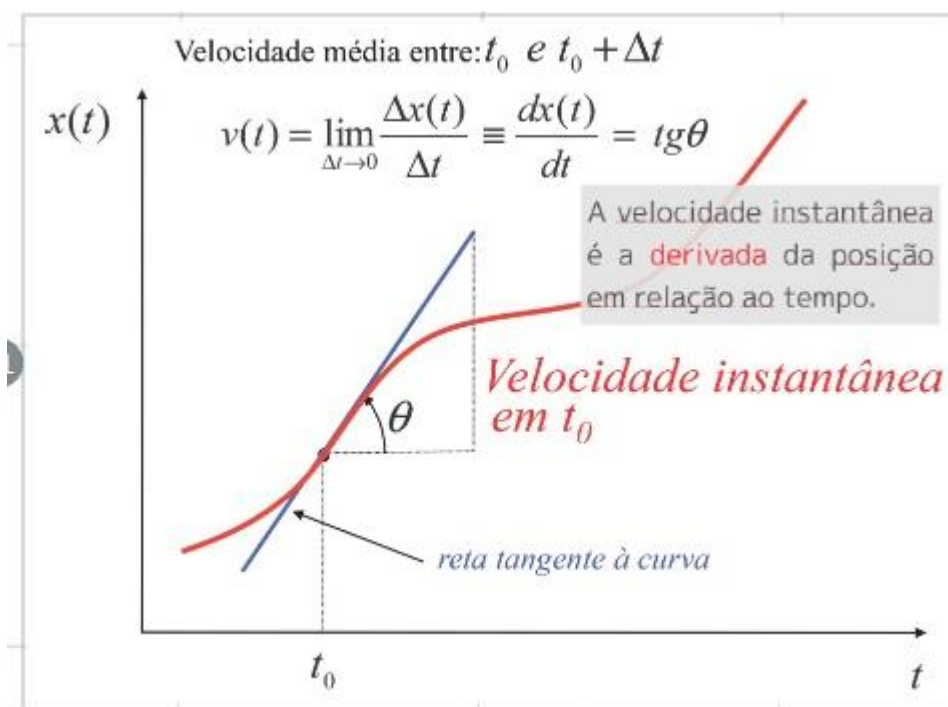


Quando dizemos que a rapidez de um carro de corrida é de 300 km/h, queremos dizer que tal rapidez é relativa à estrada. Portanto, a menos que outra coisa seja dita, sempre que nos referirmos à rapidez com que se movem as coisas em nosso ambiente, estaremos usando como referencial a superfície da Terra. O movimento é relativo.

A rapidez pode ser definida como sendo a medida de quão rapidamente alguma coisa se move, ou seja, é a medida da unidade de distância dividida por uma unidade de tempo. A palavra “rapidez”, utilizada até agora, é sinônimo de outra palavra, a velocidade. Que pode ser empregada quando consideramos o sentido e a direção do móvel. Quando algo se move com

rapidez constante ou velocidade constante, distâncias iguais são percorridas em intervalos de tempo iguais, mas só se a direção e sentido não se alterarem durante o movimento. Por outro lado, velocidade constante e rapidez constante, podem ser muito diferentes. Velocidade constante significa rapidez constante, mas sem nenhuma mudança na direção e sentido. Um carro que percorre uma curva com rapidez constante não tem velocidade constante, pois sua velocidade varia quando muda de direção. A palavra velocidade será utilizada daqui em diante.

Figura 02 - Inserção de conceitos básicos de derivada para determinar a velocidade média e a velocidade instantânea. Fonte: O autor.



Se queremos saber a velocidade em um exato instante de tempo, devemos fazer o limite da variação do espaço delta x (Δx) pela variação de tempo delta t (Δt), se aproximando infinitesimalmente de (t_0). Fazendo isso temos a rapidez instantânea ou velocidade instantânea:

$$velocidade = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}}$$

Você pode verificar a velocidade instantânea de um carro em cada instante que olha no velocímetro. Um carro viajando a 50 km/h se mantivesse esta velocidade por 1 hora, cobriria a distância de 50 km. Entretanto, é muito pouco provável que qualquer móvel tenha sempre a mesma velocidade para todos os instantes de tempo que formos medi-la. A velocidade pode

variar bastante. Mas, em uma viagem, o motorista estima o tempo que ela vai durar. Isto é possível conhecendo a velocidade média:

$$\text{velocidade média} = \frac{\text{distância percorrida}}{\text{intervalo de tempo}}$$

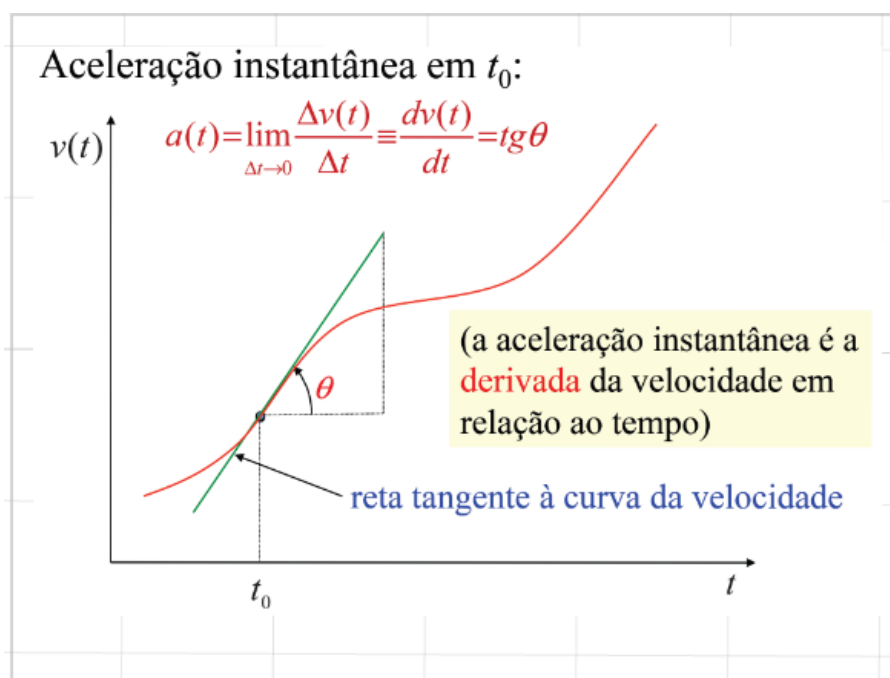
As combinações de unidades para distância e tempo são válidas para medir a velocidade, como quilômetros por hora $\left(\frac{km}{h}\right)$, milhas por hora $\left(\frac{mi}{h}\right)$, metros por segundo $\left(\frac{m}{s}\right)$.

Para se fazer a transformação entre as unidades mais usuais pode seguir a seguinte regra: Se quisermos transformar de $\left(\frac{km}{h}\right)$ para $\left(\frac{m}{s}\right)$ divide o valor de velocidade a ser transformado pelo número 3,6. Para transformar de $\left(\frac{m}{s}\right)$ para $\left(\frac{km}{h}\right)$ deve ser multiplicado o valor de velocidade a ser transformado pelo número 3,6.

3. Aceleração.

Podemos alterar a velocidade de alguma coisa mudando a rapidez do seu movimento, modificando a sua direção, ou ambos. O quão rapidamente muda a velocidade chama-se aceleração:

Figura 03 - Conceito de derivada aplicado à definição da aceleração. Fonte: O autor.



$$\text{aceleração} = \frac{\text{variação da velocidade}}{\text{intervalo de tempo}}$$

A ideia chave que define a aceleração é a variação. Suponha que estamos dirigindo e que em 1 segundo aumentamos nossa velocidade de 30 km/h para 35 km/h, no próximo segundo para 40 km/h, depois para 45 km/h durante o próximo segundo e assim por diante. Estamos variando a nossa velocidade em 5 km/h a cada segundo. Esta mudança na velocidade é o que chamamos de aceleração. Observe que a unidade de tempo aparece duas vezes. Uma na unidade de velocidade e outra para o intervalo de tempo em que ocorreu a variação de velocidade. Portanto as unidades utilizadas terão o seguinte aspecto: $\left(\frac{km}{h^2}\right)$; $\left(\frac{m}{s^2}\right)$. Note também que a aceleração não é apenas a variação total da velocidade; ela é igual a taxa de variação com o tempo, ou variação por segundo, da velocidade. O termo aceleração aplica-se tanto para diminuição ou aumento da velocidade, sendo que é bastante comum encontrar o termo desaceleração quando a velocidade diminui com a passagem do tempo.

Estamos acelerados sempre que nos movimentamos numa trajetória curva, ainda que nos movimentemos com uma rapidez constante, porque nossa direção está mudando e vem daí que nossa velocidade está mudando também.

4. Movimento com aceleração e sem aceleração.

Se você olhar ao seu redor, quase a totalidade das coisas que se movimentam de alguma maneira apresentam algum valor de aceleração que pode mudar a qualquer momento. Movimentos que apresentam velocidade exatamente constante, consequentemente não possuindo aceleração, são raros, como a velocidade da luz. Entretanto, podemos considerar movimentos que são quase constantes, como os ponteiros de um relógio, o movimento de rotação dos planetas, uma escada rolante, etc.

Um móvel que se movimenta e que supostamente não possui aceleração, como consequência vai apresentar velocidade constante. Para descrever o comportamento deste móvel precisamos saber de onde ele partiu, que é a posição inicial, e o valor de sua velocidade constante. Com estas informações conseguimos saber a sua posição em qualquer instante de tempo. Também poderemos saber quando tempo leva para ele chegar até certa posição que se deseja. Por exemplo, para encontrar a posição que ele se encontra em certo tempo:

$$\text{posição final} = \text{posição inicial} + (\text{velocidade} \times \text{tempo})$$

Para todos os outros movimentos, que possuem algum valor de aceleração diferente de zero, temos que a sua velocidade vai aumentar ou diminuir com o passar do tempo, como em um veículo que pode acelerar, aumentando sua velocidade com o passar do tempo, ou desacelerar, diminuindo sua velocidade com o passar do tempo. Para tal móvel, podemos saber informações acerca de sua velocidade pensando da seguinte maneira:

$$velocidade\ final = velocidade\ inicial + (aceleração \times tempo)$$

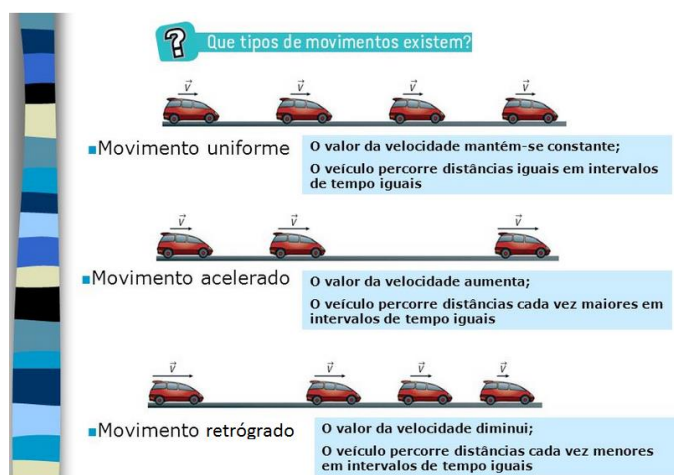
E podemos obter informações acerca de sua posição com o passar do tempo da seguinte forma:

$$posição\ final = posição\ inicial + velocidade\ inicial \times tempo + \frac{aceleração \times (tempo)^2}{2}$$

A equação acima é de segundo grau por possuir dependência da variação da velocidade e da posição com o tempo. Isto acontece justamente porque o movimento apresenta algum valor de aceleração, que deve ser constante para que o nosso modelo que descreve os movimentos funcione.

Na figura 4 encontra-se de modo simplificado a classificação de cada um dos tipos de movimento segundo a variação da velocidade, ou existência ou não de aceleração.

Figura 04 - Classificação do movimento dos corpos. Fonte: http://images.slideplayer.com.br/3/1257833/slides/slide_11.jpg. Acessado em: 06/06/2015.



5. Equação de Torricelli.

Muitas vezes não dispomos dos valores referentes ao tempo, para caracterizar o movimento de certo corpo. A equação de Torricelli nos auxilia justamente neste ponto. Poderemos obter informações acerca do deslocamento do objeto, aceleração e variação da velocidade, mesmo sem existir valores do tempo decorrido enquanto o corpo se movimenta.

Esta relação surge da junção de duas equações vistas anteriormente:

A equação da velocidade para o movimento acelerado:

$$velocidade = velocidade\ inicial + (aceleração \times tempo)$$

Podemos escrever as equações de uma maneira simplificada, substituindo as palavras por símbolos que as identificam, como mostrado na sequência.

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

E a equação da posição para o movimento acelerado:

$$posição = posição\ inicial + velocidade\ inicial \times tempo + \frac{aceleração \times (tempo)^2}{2}$$

também pode ser condensada da seguinte maneira:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot (t)^2}{2}$$

Para chegar a mesma conclusão que Torricelli encontrou, usamos a equação horária da velocidade, dada por:

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

Podemos isolar a variável tempo (t), de onde obtemos:

$$t = \frac{V - V_0}{a}$$

Ao isolar a variável tempo na equação horária da velocidade, basta substituir essa variável na equação horária dos espaços, chegando à expressão abaixo:

$$\begin{aligned} x - x_0 &= V_0 \cdot \left(\frac{V - V_0}{a} \right) + \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{V - V_0}{a} \right)^2 \\ x - x_0 &= \frac{V_0 \cdot V - V_0^2}{a} + \frac{a \cdot (V^2 - 2 \cdot V \cdot V_0 + V_0^2)}{2 \cdot a^2} \\ \Delta x &= \frac{2V_0 \cdot V + V^2 - 2 \cdot V \cdot V_0 + V_0^2}{2 \cdot a} \\ \Delta x &= \frac{V^2 - V_0^2}{2 \cdot a} \\ V^2 &= V_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x \end{aligned}$$

Ou

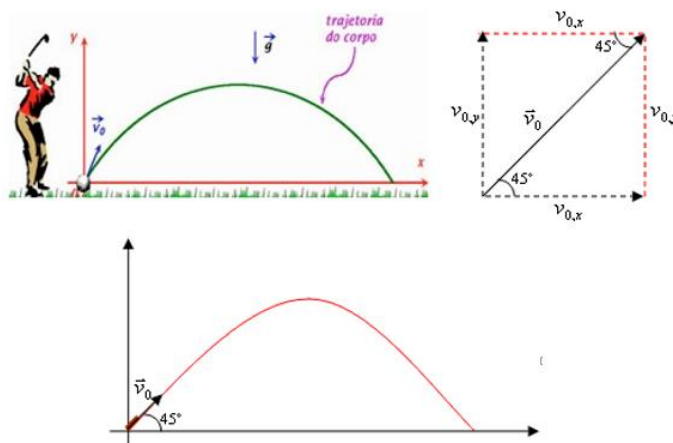
$$(\text{velocidade final})^2 = (\text{velocidade inicial})^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x$$

A equação acima é conhecida como equação de Torricelli.

6. Lançamento Oblíquo.

O lançamento oblíquo consiste no lançamento de um projétil em que este faz um ângulo qualquer em relação a um referencial (geralmente o solo). Um esquema ilustrativo pode ser representado abaixo:

Figura 05 - Esquema ilustrativo de lançamento oblíquo. Fonte: O autor.



Nesse lançamento alguns cuidados devem ser tomados:

1. Deve-se tomar bastante atenção na decomposição do vetor velocidade;
2. O lançamento oblíquo obedece ao princípio da decomposição do movimento.

O princípio da decomposição do movimento diz: Todo movimento complexo pode ser decomposto em vários movimentos mais simples sempre que possível. Assim o lançamento oblíquo por estar sobre dois eixos e sob a ação da aceleração da gravidade pode ser decomposto em dois movimentos mais simples.

- Eixo y: O movimento presente no eixo y será o de queda livre;
- Eixo x: O movimento presente no eixo x será o movimento uniforme.

A conclusão que se pode tirar é de que a análise separadamente dos movimentos de cada eixo corresponde a análise do lançamento oblíquo de forma integral.

Usando os símbolos formais para cada grandeza, podemos obter alguns resultados teoricamente para o lançamento de projéteis:

3. Através da equação de Torricelli e sabendo-se que a velocidade final é nula, encontramos que a altura máxima é dada por ($y_{máx}$):

$$0 = V_{0y}^2 - 2g\Delta y \rightarrow \Delta y = \frac{V_{0y}^2}{2g} \rightarrow y_{máx} = \frac{V_{0y}^2}{2g}$$

$$y_{máx} = \frac{(V_0 \cdot \sin\theta)^2}{2 \cdot g}$$

4. A partir da equação horária da velocidade para movimentos acelerados e fazendo a velocidade final igual a zero, temos o tempo de subida, que é igual ao tempo de queda:

$$0 = V_{0y} - g \cdot t_s \rightarrow t = \frac{V_0 \cdot \sin\theta}{g}$$

Sendo o tempo de voo igual a soma do tempo de subida com o tempo de descida, obtém-se o tempo que o projétil permanece no ar (t_{ar}):

$$t_{ar} = \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin\theta}{g}$$

5. Alcance máximo ($R = x_{m\acute{a}x}$) ocorre quando o tempo (t) é igual ao tempo de voo (t_{ar}). Portanto, devemos substituir o tempo de voo na equação da posição para o movimento acelerado que ocorre no eixo y, temos:

$$0 = 0 + V_0 \cdot \sin\theta t_{ar} - \frac{1}{2} g \cdot t_{ar}^2$$

$$V_0 \cdot \sin\theta = \frac{1}{2} g \cdot t_{ar}$$

$$t_{ar} = \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin\theta}{g}$$

O tempo de voo (t_{ar}) encontrado com as informações para o eixo y, deve ser associado a equação de movimento horizontal uniforme, que ocorre no eixo x:

$$x_{m\acute{a}x} = V_0 \cdot \cos\theta t_{ar}$$

$$x_{m\acute{a}x} = \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin\theta \cdot V_0 \cdot \cos\theta}{g}$$

Usando a identidade trigonométrica ($\sin 2\theta = 2 \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta$) na equação acima, chegamos ao alcance máximo ($x_{m\acute{a}x}$):

$$x_{m\acute{a}x} = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g}$$