CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE GRÁFICOS DE CINEMÁTICA COM USO DE VIDEOANÁLISE MEDIADO POR UMA METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM ATIVA

Júlio César Gallio da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador:
Daniel Guilherme Gomes Sasaki

Rio de Janeiro
Outubro / 2016

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE GRÁFICOS DE CINEMÁTICA COM USO DE VIDEOANÁLISE MEDIADO POR UMA METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM ATIVA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como requisitos à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Júlio César Gallio da Silva

Aprovada por:

_____

Presidente, Prof. Daniel Guilherme Gomes Sasaki, Dr. (orientador)

_____

Prof. Sérgio Eduardo Silva Duarte, Dr.

_____

Prof. Vitor Luiz Bastos de Jesus, Dr. IFRJ

Rio de Janeiro

Outubro / 2016

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

S586 Silva, Júlio César Gallio da
Uma proposta de ensino de gráficos de cinemática com uso de videoanálise mediado por uma metodologia de aprendizagem ativa / Júlio César Gallio da Silva.—2016.
88f. + anexos : il. (algumas color.) , grafs. , tabs. ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2016.
Bibliografia : f. 87-88
Orientador : Daniel Guilherme Gomes Sasaki

1. Cinemática. 2. Física (Ensino médio) – Estudo e ensino. 3. Tracker (Software). I. Sasaki, Daniel Guilherme Gomes (Orient.). II. Título.

CDD 531.112

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Romulo Mussel, docente da disciplina de Matemática do IFF Cambuci, pelo imprescindível apoio e uso de conhecimentos em filmagem e fotografia na produção dos vídeos aqui apresentados e pela inestimável amizade formada nesta terra nova a ambos.
Ao Professor Vitor Luiz Bastos de Jesus, pela revisão da primeira proposta de atividades e pelas contribuições em suas reformulações.
Às colegas de curso e grandes amigas Daratilde Santana e Fernanda Costa da Cruz de Pontes, por todo o carinho e apoio, sem os quais a conclusão deste curso não teria sido possível.
A todos os alunos do IFF Cambuci por terem propiciado os anos incríveis de que eu precisava para pegar gosto pela profissão logo no início.

Em memória de Everaldo Gallio

RESUMO

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE GRÁFICOS DE CINEMÁTICA COM USO DE VIDEOANÁLISE MEDIADO POR UMA METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM ATIVA

Júlio César Gallio da Silva

Orientador:

Daniel Guilherme Gomes Sasaki

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Este trabalho apresenta a proposta, a implementação e a análise de uma sequência didática objetivando o estudo da Cinemática com duas turmas do primeiro ano do Ensino Médio do Instituto Federal Fluminense (IFF), *Campus* Avançado de Cambuci. As aulas baseiam-se na videoanálise de movimentos filmados previamente. Para isso, utilizou-se o *software* livre *Tracker*. Tendo em vista as dificuldades na compreensão e interpretação de gráficos de cinemática encontrados na literatura, utilizou-se de uma proposta metodológica baseada em aproveitar o reconhecimento de conflitos cognitivos pelos alunos para favorecer a superação de concepções prévias, a metodologia P.O.E. (*Predict, Observe, Explain*). A sequência didática consistiu de sete aulas realizadas no laboratório de informática do IFF Cambuci a partir de vídeos produzidos especialmente para esta sequência e de fichas de atividade contendo as questões elaboradas tendo em vista as dificuldades de compreensão de gráficos encontradas na literatura. Toda a sequência foi precedida e sucedida pelo *Test of Understanding of Graphics – Kinematics*, o TUG-K, elaborado para avaliar o domínio pelos alunos das informações presentes nos gráficos de cinemática, com o objetivo de medir os ganhos de Hake dos estudantes. Além disso, uma análise detalhada das fichas dos experimentos foi feita a fim de compreender os desdobramentos no aprendizado dos estudantes. Por fim, este trabalho compartilha todo o desenvolvimento técnico do material elaborado e as dificuldades encontradas na sua aplicação, considerando todos os

condicionantes da realidade em que se insere. Dessa maneira, espera-se que este trabalho possa subsidiar professores que desejem reaplicá-la, modificá-la ou melhorá-la, constituindo, assim, uma contribuição aos demais educadores de Física que se identificarem com a proposta.

Palavras-chave: Ensino Médio, Cinemática, Metodologia POE, TUG-K, Tracker.

Rio de Janeiro
Outubro / 2015

ABSTRACT

A TEACHING PROPOSAL OF KINEMATICS GRAPHICS USING VIDEO ANALYSIS MEDIATED BY AN ACTIVE LEARNING METHODOLOGY

Júlio César Gallio da Silva

Advisor:

Daniel Guilherme Gomes Sasaki

Abstract of dissertation submitted to Programa de Pós-graduação em Ciência Tecnologia e Educação - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Science Teaching Master

This work presents the proposal, implementation and analysis of a didactic sequence aimed at the study of kinematics with two classes of the first year of high school (tenth and eleventh grades) at the Instituto Federal Fluminense (IFF), Cambuci Advanced Campus. The classes are based on the video analysis of previously shot movements. For this, we used the free software Tracker. Taking into account the difficulties in understanding and interpreting cinematic graphics found in the literature, we used a methodological proposal based on the students' recognition of cognitive conflicts to promote the overcoming of preconceptions, P.O.E. Methodology (Predict, Observe, Explain). The didactic sequence consisted of seven classes that took place in the IFF Cambuci computer lab, with videos specially produced for this sequence and activity sheets containing questions created taking into account the graphics misconceptions found in literature. The entire sequence was preceded and succeeded by the Test of Understanding of Graphics - Kinematics, the TUG-K, prepared to assess the pupil´s expertise of information present in the kinematics graphs, in order to measure Hake gains on the students. Therefore, a detailed analysis of the experiments' records was made in order to understand the developments in student learning. Eventually, this work shares all the technical development of the prepared material, and the difficulties encountered in its implementation, considering all the constraints of reality in which it operates. Thus, it is expected that this work can support teachers who wish to retry it, modify it or improve it, constituting a contribution to other Physics' teachers that identify themselves with this proposal.

Keywords: High School, Kinematics, POE Method, TUG-K, Tracker.

Rio de Janeiro

October / 2016

SUMÁRIO

	Página
Capítulo I – Introdução	10
Capítulo II - Referencial Teórico	12
II.1 - Os gráficos de cinemática e o teste padronizado TUG-K	12
II.1.1-TUG-K	12
II.1.2- Resultados em outros trabalhos	13
II.2- Metodologia POE	15
II.3 - O *software* livre Tracker	17
Capítulo III - Descrição do Trabalho Desenvolvido	21
III.1- Realidade escolar da aplicação - o IFF Cambuci	21
III.1.1- Histórico	21
III.1.2- Estrutura Física	21
III.1.2.1- Laboratório de informática	22
III.1.3- Características da escola e do corpo discente	22
III.2- Metodologia	23
III.2.1- Sequência didática	24
III.2.1.1- Aula 1 - Apresentação	24
III.2.1.2- Aula 2 - Pré-teste, aplicação do TUG-K	24
III.2.1.3- Aula 3 - Introdução a conceitos de cinemática	24
III.2.1.4- Aula 4 - Introdução aos gráficos de cinemática	24
III.2.1.5- Aula 5 - Introdução à videoanálise e ao software Tracker - Atividade "Moto na Estrada"	25
III.2.1.6- Aula 6 - Videoanálise de movimento retilíneo uniforme - Atividade "Trilho de ar horizontal"	26
III.2.1.7- Aula 7 - Videoanálise de movimento retilíneo uniforme com introdução à metodologia POE - Atividade "Gota de água no óleo"	27
III.2.1.8- Aula 8 - Videoanálise de movimento retilíneo uniforme com uso da metodologia POE - Atividade "Corrida das gotas de água no óleo"	29
III.2.1.9- Aula 9 - Videoanálise de movimento retilíneo uniformemente variado com metodologia POE - Atividade "Queda livre"	31
III.2.1.10- Aula 10 - Videoanálise de movimento retilíneo uniformemente variado com metodologia POE - Atividade "Subida na rampa"	34
III.2.1.11- Aula 11 - Videoanálise de dois movimentos e análise da área do gráfico - Atividade "Carro entrando no IFF Cambuci"	35
III.2.1.12- Aula 12 - Revisão	38
III.2.1.13- Aula 13 - Pós-teste, aplicação do TUG-K	38
Capítulo IV – Análise dos dados e discussão	39
IV.1- Análise quantitativa	39
IV.1.2 – Análise das respostas a cada questão	41
IV.1.2.1 - Objetivo 1	42
IV.1.2.2 - Objetivo 2	44
IV.1.2.3 - Objetivo 3	47
IV.1.2.4 - Objetivo 4	50
IV.1.2.5 - Objetivo 5	53
IV.1.2.6 - Objetivo 6	57
IV.1.2.7 - Objetivo 7	60
IV.1.3 - Síntese da análise quantitativa	63
IV.1.4 - Possíveis causas	65
IV.2 – Análise Qualitativa	67
IV.2.1 – Experimento "Velocidade e Aceleração"	67
IV.2.2 – Experimento "Gráficos"	67
IV.2.3 – Experimento "Moto na estrada"	67
IV.2.4 – Experimento "Trilho de ar horizontal"	69
IV.2.5 – Experimento "Gota de água no óleo"	69
IV.2.6 – Experimento "Corrida das gotas de água no óleo"	71
IV.2.7 – Experimento "Queda livre"	73
IV.2.8 – Experimento "Subida na rampa"	75
IV.2.9 –Experimento "Carro entrando no IFF Cambuci"	78
IV.2.10 – Aula de revisão	79
IV.2.11 – Atividade de recuperação	80
IV.2.12 – Síntese da análise Qualitativa	81
Capítulo V - Considerações Finais	83
Referências	87
Anexos	89

Capítulo I - Introdução

Os laboratórios e a experimentação são partes integrantes do trabalho das ciências. Assume-se que todo o conhecimento científico deve ter alguma relação com conhecimento empírico, seja para explicá-lo ou prevê-lo (BORGES 2002). Tal é essa associação, que o laboratório torna-se componente curricular indispensável na formação científica dos professores.

As propostas curriculares que questionam a ineficiência do ensino de ciências têm uma tendência a apontar a ausência de laboratórios como uma das causas fundamentais do insucesso (BORGES 2002). Entretanto, já há na literatura específica do ensino de ciências críticas a essa postura com base na experiência de países que se utilizam do laboratório didático corriqueiramente (WOOLNOUGH 1991; WHITE1996).

Respondendo a essas críticas, Borges (2002) se coloca em defesa do laboratório didático no ensino, porém defendendo sua reformulação a fim de alcançar de forma mais eficiente os objetivos do ensino de ciências:

> *"A questão que se coloca é: o laboratório pode ter um papel mais relevante para a aprendizagem escolar? Se pode, de que maneira ele deve ser organizado? A resposta para a primeira questão é sem dúvida afirmativa: o laboratório pode, e deve, ter um papel mais relevante para a aprendizagem de ciências. O fato de estarmos insatisfeitos com a qualidade da aprendizagem, não só de ciências, sugere que todo o sistema escolar deve ser continuamente repensado. Com raras exceções, não se cogita a extinção da escola, por causa de suas dificuldades. Da mesma forma, o que precisamos é encontrar novas maneiras de usar as atividades prático-experimentais mais criativa e eficientemente e com propósitos bem definidos, mesmo sabendo que isso apenas não é solução para os problemas relacionados com a aprendizagem de ciências."* (BORGES 2002)

Em acordo com a afirmação destacada e com a busca de um papel mais fundamental do laboratório didático no ensino de física, este trabalho pretende utilizar uma metodologia de aprendizagem ativa, a metodologia P.O.E. (WHITE, GUNSTONE, 1992; HAYSOM, BOWEN 2010) para o ensino do tópico de gráficos de cinemática, no primeiro ano do ensino médio. Tal metodologia baseia-se na estratégia de trabalhar com conflitos cognitivos para alcançar resistências profundas dos estudantes, na forma de suas concepções prévias.

Para o planejamento da sequência didática aplicada em sala de aula, utilizou-se do dos resultados da pesquisa obtidos por Beichner (1994) sobre como os estudantes confundem conceitos relacionados aos gráficos de cinemática. Segundo o autor, há uma série de associações equivocadas comuns aos estudantes no estudo deste tópico. Sendo

assim, julgou-se possível basear as atividades nas confusões conceituais apontadas pelo autor, ou seja, planejar a sequência de forma a provocar estas confusões e evidenciá-las para os estudantes. Em outras palavras, utilizar o conflito cognitivo esperado como instrumento didático para a superação de dificuldades de interpretação de gráficos de cinemática.

O trabalho buscou formas de apresentar os estudantes aos gráficos com possibilidades de interação na construção dos mesmos, o que levou à escolha do *software* livre *Tracker* e as possibilidades de videoanálise de movimentos com traçado simultâneo dos gráficos de interesse. Assim, esperou-se que este trabalho pudesse fornecer aos estudantes evidências empíricas diretas que pudessem se contrapor a juízos prévios sobre o comportamento dos gráficos.

Sete aulas, de 1h40min cada, foram preparadas, além de aulas de introdução e revisão, visando estudar os gráficos de cinemática através da videoanálise de movimentos com objetos o mais próximos possível do cotidiano dos alunos, como bolas, carros ou óleo de cozinha. Para cada aula, foi elaborada uma ficha com questões baseadas nas confusões de interpretação de gráficos encontradas no referencial teórico. Em quatro delas, a metodologia P.O.E. foi utilizada por prever possíveis equívocos que os estudantes poderiam cometer e apostando na percepção do conflito cognitivo como estratégia didática.

Todo o trabalho foi avaliado pela aplicação do *Test of Understanding of Graphics – Kinematics*, elaborado por Beichner (1994), baseado nos objetivos elencados pelo autor no estudo de gráficos de cinemática, bem como as confusões comuns de estudantes que seu trabalho catalogou na literatura. Além disso, estudou-se as fichas das sete atividades buscando as respostas produzidas pelos alunos a fim de fazer o levantamento do entendimento que eles demonstraram das atividades.

A proposta foi executada no Instituto Federal Fluminense (IFF), *Campus* Avançado de Cambuci, situado no noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Todo o trabalho foi realizado com as duas turmas de primeiro ano do ensino médio de 2016, com cerca de setenta alunos, inicialmente, entre os meses de março e julho de 2016, correspondendo ao primeiro trimestre letivo do ano.

Buscou-se, ainda, levantar e reunir os problemas encontrados na aprendizagem dos alunos. Assim, este trabalho tenta entender as limitações da proposta apresentada e eventuais inadequações com o contexto escolar em que foi aplicada.

Os vídeos produzidos podem ser acessados e baixados no Dropbox através do link:

https://www.dropbox.com/sh/iq7d4pgrqeukfgu/AACiod0DmTG1CwO4nadd1Htea?dl=0

Capítulo II - Referencial Teórico

II.1- Os gráficos de cinemática e o teste padronizado TUG-K

Beichner (1994) destaca a importância dos gráficos no estudo das ciências. Os gráficos são poderosas ferramentas de análise de dados, tornando sua utilização uma necessidade para o bom trabalho do cientista. Os professores de Física, com sua formação específica no ensino universitário, adquirem tamanha familiaridade com o uso de gráficos que chegam a usá-los como uma segunda linguagem ao abordar os conteúdos em sala de aula. Tal uso pressupõe um domínio, por parte dos estudantes, das informações representadas nos gráficos, o que o autor considera inválido com base nas avaliações feitas com estudantes ao final de cursos de física (BARCLAY 1986; MCDERMOTT, ROSENQUIST, VAN ZEE 1987; VAN ZEE, MCDERMOTT 1987).

Em Física, o primeiro contato de estudantes com gráficos de funções costuma ser quando são apresentados aos gráficos de funções de cinemática. Segundo Beichner (1994), os gráficos apresentados podem ser:

-Gráfico de posição em função do tempo (s x t);

-Gráfico de velocidade em função do tempo (v x t);

-Gráfico de aceleração em função do tempo (a x t).

II.1.1-TUG-K

Com o objetivo de avaliar o domínio dos gráficos de cinemática por parte dos estudantes, Beichner propõe um teste objetivo baseado nas habilidades esperadas de um estudante de física e levando em consideração as dificuldades comumente apontadas pela literatura de pesquisa em ensino dessa disciplina. Batizado de *Test of Understanding of Graphics - Kinematics*, ou TUG-K na abreviatura que será usada neste trabalho, o teste se propõe ainda a servir como instrumento de avaliação que possa ser utilizada como ferramenta diagnóstica, ou mesmo instrumento de avaliação do aprendizado.

Constituído de 21 questões objetivas, de cinco alternativas cada, o teste foi planejado de forma a avaliar sete objetivos no domínio de gráficos de um estudante de física. Ainda segundo Beichner, os objetivos desse estudo seriam:

1- Dado o gráfico de posição em função do tempo, determinar a velocidade;

2- Dado o gráfico de velocidade em função do tempo, determinar a aceleração;

3- Dado o gráfico de velocidade em função do tempo, determinar o deslocamento;

4-Dado o gráfico de aceleração em função do tempo, determinar a variação de velocidade;

5-Dado um gráfico de cinemática, selecionar um outro gráfico correspondente;

6-Dado um gráfico de cinemática, ser capaz de descrever textualmente um movimento;

7-Dada a descrição textual de um movimento, selecionar o gráfico correspondente. (BEICHNER 1994).

Segundo Beichner (1994), há confusões comumente feitas por estudantes ao interpretar os referidos gráficos, que podem ser apresentadas resumidamente:

-Gráficos como fotografias do movimento: os estudantes percebem a imagem do gráfico como uma representação de uma imagem do movimento;

-Confusão entre inclinação e altura: quando solicitados sobre a inclinação de um gráfico, os estudantes tendem a ler o valor em um dos eixos;

-Confusão entre as variáveis: confundir distância, velocidade e aceleração e seus respectivos gráficos;

-Erro de inclinação que não passa pela origem: quando solicitados a calcular a inclinação de um segmento de reta, estudantes tendem a calcular como se a reta passasse pela origem, ou seja, dividindo o valor da ordenada pela abscissa;

-Desconhecimento da área sob a curva: não saber o significado da área sob uma curva;

-Confusão entre área, inclinação e altura: quando solicitados a calcular áreas, tendem a calcular inclinação ou ler a altura em um dos eixos.

O TUG-K possui uma tradução para o português feita por Agrello e Garg (1999) e, com isso, torna-se uma eficiente ferramenta de avaliação diagnóstica disponível pra professores e pesquisadores em língua portuguesa.

II.1.2 - Resultados em outros trabalhos

O teste foi extensivamente testado por Beichner (1994) principalmente em estudantes de Curso Superior, ainda que tenha envolvido estudantes de *High Schools* americanas. Seus testes indicam a presença das confusões previstas na interpretação de gráficos por estudantes de níveis diversos.

A aplicação com estudantes de cursos superiores também foi feita por Agrello e Garg (1999). Utilizando como alvo estudantes de graduação de áreas de ciências exatas, os autores encontraram uma curva similar no gráfico de porcentagem de erro de cada questão ao comparar seus dados extraídos em aplicação na Universidade de Brasília com os apresentados por Beichner (1994).

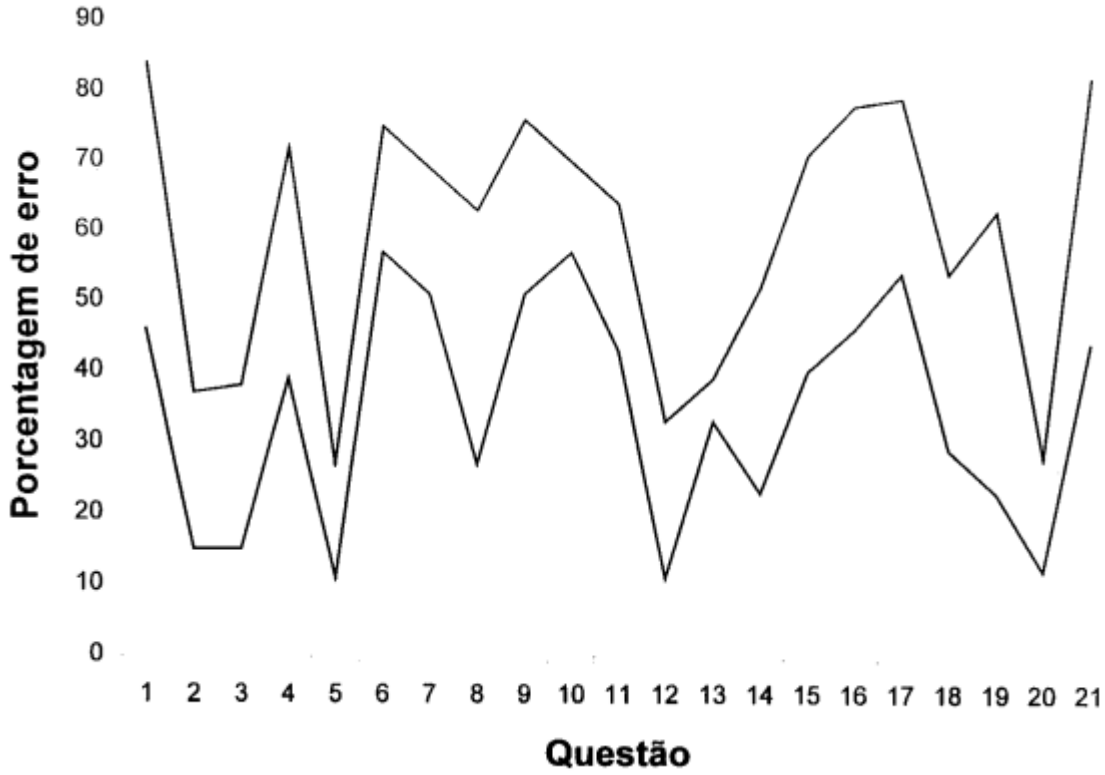


Figura 1: Comparação entre alunos americanos (Beichner, acima) e da UnB (Agrello e Garg, abaixo) nos resultados do teste TUG-K Fonte: AGRELLO, D. A; GARG, R; *Compreensão de Gráficos de Cinemática em Física Introdutória,* **Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 21, n. 1, p. 105,** 1999.

Araújo (2002) Também aplicou o teste a alunos de curso superior na disciplina de Física I na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Como tinha o objetivo de avaliar a eficácia de uma metodologia experimental, o autor adotou a utilização de um grupo de controle submetido apenas a aulas regulares e metodologia tradicional. Com o devido tratamento estatístico, corrigindo as diferenças obtidas no teste inicial entre os dois grupos, o autor pôde verificar o desempenho superior dos alunos submetidos à sua proposta metodológica.

Aplicações no ensino médio são relativamente escassas. Algumas utilizam o teste incompleto, o que dificulta sua comparação com outros trabalhos. Scheffer (2014) utiliza testes com 14 questões para avaliar sua proposta metodológica. Escolhe, em cada um dos testes, inicial e final, duas questões de cada objetivo do teste, variando a escolha em cada aplicação. Nascimento (2011), em semelhante tentativa de averiguar o grau de sucesso de sua metodologia, aplica uma versão do TUG-K com 20 questões. Silva (2014), por sua vez, cita o TUG-K somente ao reproduzir os objetivos do estudo dos gráficos de cinemática, mas utiliza um instrumento avaliativo próprio para avaliar o sucesso de seu trabalho.

Apesar das realidades distintas em que este trabalho foi aplicado, e a ausência de testes em situações semelhantes para comparação da proposta, o número reduzido de turmas e o horário sem contra turnos disponíveis para atividades extras desencorajou o estabelecimento de uma turma de controle. A avaliação da validade da proposta será discutida na análise dos dados.

II.2 - Metodologia POE

A metodologia POE (sigla para *Predict, Observe, Explain*) é uma metodologia de ensino que objetiva a superação de concepções espontâneas dos estudantes. A metodologia foi criada por White e Gunstone (1992) baseando-se em referenciais construtivistas. Inicialmente pensada como estratégia de avaliação formativa, a POE é utilizada como ferramenta de ensino, com aulas elaboradas sobre o método a fim de ensinar conteúdos científicos que possam encontrar resistências devido às concepções prévias e ao senso comum dos estudantes (HAYSOM, BOWEN 2010).

A estratégia por trás da metodologia POE consiste no estabelecimento de conflitos cognitivos. Tais conflitos se operam quando uma expectativa é criada, por exemplo, na previsão do comportamento de um fenômeno físico, porém não é correspondida, como num experimento ou demonstração que apresenta resultados fora do esperado. O conflito põe as estruturas cognitivas do indivíduo num esforço para acomodar o observado em seu repertório cognitivo.

A metodologia POE baseia-se em três etapas principais que dão nome à metodologia: a Previsão, a Observação e a Explicação. Outros autores, como Haysom e Bowen (2010), propuseram modificações ou expansões nas etapas. A síntese dessa estratégia, conforme Haysom e Bowen, consiste em:

1-Orientação e Motivação: o professor inicia a discussão com os alunos sobre conhecimentos prévios que tenham que possam ter relação com o fenômeno a ser estudado. Segundo os autores, é importante que esta etapa dure alguns minutos e receba os questionamentos adequados do professor, de forma a permitir aos alunos trazer à tona experiências pessoais e motivem a reflexão sobre o tema da aula;

2-Introduzir o Experimento: aqui o professor apresenta o fenômeno que será estudado. Nesta etapa, podem ser apresentados os materiais e variáveis envolvidos, bem como apenas explicações e esquemas mentais. Cabe acrescentar que esta etapa acontece antes da manipulação direta ou observação do fenômeno em questão, para que os estudantes possam comprometer-se com suas previsões com base em seu conhecimento

prévio. Também é fundamental estimular as conexões entre o debate anterior e o fenômeno a ser apresentado.

3-Previsão: esta etapa-título consiste na apresentação e no registro das expectativas dos estudantes sobre o comportamento do fenômeno que será observado. Consiste na chamada elicitação, que consiste em trazer à tona as concepções prévias dos estudantes específicas sobre o fenômeno estudado. Se os estudantes forem adequadamente estimulados na reflexão, é mais provável que respondam com sinceridade e apresentem e registrem suas concepções prévias. Isto é de fundamental importância, dada a resistência que estas concepções podem oferecer ao conhecimento trabalhado em sala de aula. Se os alunos conseguem exprimir suas concepções e registrá-las em textos, é mais provável que possam analisá-las criticamente, o que pode favorecer o posterior conflito cognitivo;

4-Discutindo as previsões: o professor questiona os alunos sobre suas previsões e as reúne num esforço coletivo de síntese. Assim, os estudantes têm a possibilidade de analisar criticamente suas ideias e de seus colegas, ao colocá-las em comparação. Os autores recomendam a utilização de um quadro de modo a permitir uma melhor visualização das ideias apresentadas por todos. Em seguida, o professor deve estimular um debate de avaliação das previsões da turma;

5-Observação: o professor apresenta o fenômeno aos estudantes. Pode ser executando o fenômeno com os materiais, exibindo um vídeo ou simulação ou executando o experimento. Espera-se que depois da correta execução das etapas anteriores, os alunos sejam capazes de perceber as sutilezas do fenômeno observado. Pede-se que os alunos registrem o que observaram a fim de poder comparar os dados obtidos com as previsões feitas;

6-Explicação: os estudantes são convidados a avaliar suas próprias previsões à luz do fenômeno observado. Aqui os estudantes devem lidar com o possível conflito cognitivo, ao confrontar suas sinceras previsões com observações que possam divergir delas. Após o registro individual das explicações, recomenda-se o debate em pequenos grupos para avaliação das explicações dos colegas. Finalmente, o professor deve discutir com toda a turma para que possam apreciar as explicações dos demais colegas e tentar produzir uma síntese das questões levantadas;

7-Prover a explicação científica: o professor explica o fenômeno conforme as teorias aceitas da ciência do conteúdo estudado. Aqui os autores recomendam que o professor se coloque trazendo não simplesmente "a explicação correta", mas "a opinião da comunidade científica sobre o assunto". Isto permite a análise mais livre das afirmativas apresentadas,

bem como permite que os alunos façam comparações entre o que apresentaram e o conhecimento trazido pelo professor;

8-Continuidade (ou prosseguimento): os autores destacam a persistência das concepções alternativas e explicam que, ainda que a POE possa trazer resultados mais promissores, não há garantia de sucesso da metodologia. A fim de contornar a persistência das concepções alternativas, recomenda-se que o professor ofereça meios para que os estudantes apliquem o novo conhecimento em outras situações. Tal possibilidade é apontada em pesquisas como melhor possibilidade de prevalência das novas concepções.

A adoção da metodologia POE foi uma decisão favorecida pelo estudo das ideias comumente associadas aos gráficos de cinemática, tema deste trabalho, sintetizadas por Beichner (1994). Apesar de o conhecimento tratado ser muito mais próximo de áreas da Matemática do que os exemplos de atividades de Física trazidos por Haysom e Bowen (2010), espera-se que o uso da metodologia POE favoreça a superação das confusões apontadas por Beichner, considerando-as análogas às concepções prévias dos alunos no que diz respeito aos gráficos de cinemática.

II.3 - O *software* livre *Tracker*

O *Tracker* é um software de videoanálise de movimento criado pela *Open Source Physics* e de direitos reservados a David Brown, da Cabrillo College. É um *software* de código aberto baseado em Java, plataforma amplamente utilizada em diversos sistemas operacionais, o que permite seu desenvolvimento contínuo por programadores do mundo todo (OLIVEIRA, 2014).

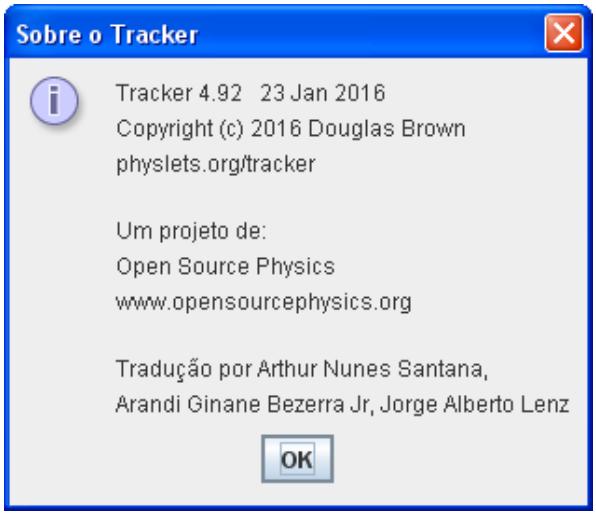


Figura 2: Sobre o *Tracker*

Sendo um *software* gratuito e disponibilizado em língua portuguesa, graças à tradução por uma equipe de professores da Universidade Federal Tecnológica do Paraná

(OLIVEIRA, 2014), abrem-se as possibilidades de exploração de suas funções no ensino público brasileiro, dispensando cara aparelhagem de detecção de movimentos, muitas vezes inacessível à escola pública.

O *Tracker* possui muitas funções dedicadas à medição de posição e tempo de objetos quadro a quadro e cálculo de grandezas derivadas, como aceleração e velocidade. Assim, através da marcação precisa da posição de um objeto quadro a quadro, é possível determinar uma série de grandezas e funções relacionadas ao movimento específico.

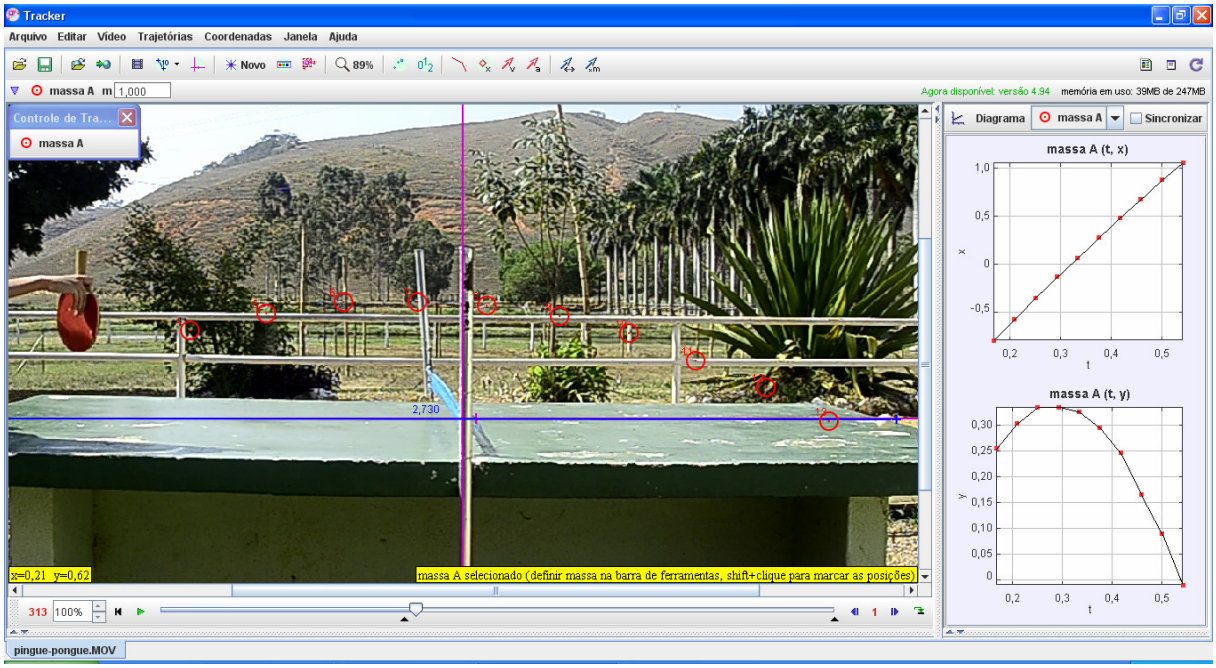


Figura 3 – Análise do movimento de uma bola de pingue-pongue.

A imagem acima retrata a tela do programa após a videoanálise realizada de um vídeo de dois alunos do IFF Cambuci jogando pingue-pongue. O vídeo foi filmado levando em consideração o movimento da bolinha se passando paralelamente ao plano de filmagem. Buscou-se descrever o movimento da bolinha em termos da suas coordenadas de posição, X e Y.

Para tanto, foi estabelecido um sistema de coordenadas espaciais tendo a origem próxima da posição da rede na altura da mesa. Na imagem acima, o sistema de coordenadas aparece marcado pelas linhas cor de rosa.

Em seguida, registramos uma medida de distância para que o software possa fazer a conversão das distâncias em pixels para metros, nesse caso. O comprimento conhecido da mesa, 2,73m, foi informado pela fixação da barra de medição, em azul. Foi ajustada aos extremos da mesa na mesma profundidade do plano em que ocorre o movimento da

bolinha. O valor 2,73 foi informado na barra e, como se baseia na unidade metro, todos os valores de distâncias calculados utilizarão a mesma unidade.

Por fim, informou-se ao programa que uma massa pontual seria acompanhada. Marcado com o símbolo de um círculo vermelho, o objeto a ser seguido precisou ser indicado quadro a quadro, manualmente. Pode-se ver, na imagem acima, uma sucessão de pontos marcados com o triângulo azul, que representam as posições da bolinha em diversos quadros sucessivos, dando a indicação de sua trajetória.

Com as posições em cada quadro, o programa traçou dois gráficos de posição em função do tempo: um para a coordenada horizontal X e outro para a coordenada vertical Y. Os gráficos indicam os comportamentos indicados pela teoria, velocidade constante da coordenada X e aceleração constante da coordenada Y.

Até três gráficos podem ser apresentados simultaneamente, com possibilidade de representar uma série de grandezas associadas ao movimento.

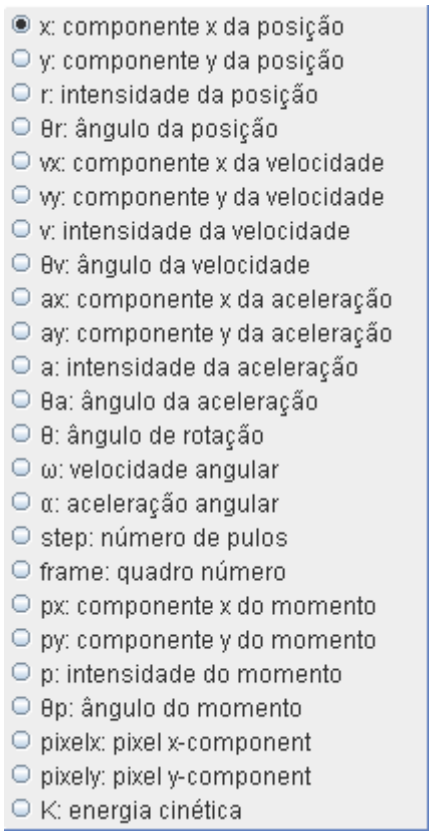


Figura 4 – Grandezas do movimento disponíveis para os gráficos do Tracker.

O *software* possui ainda uma lista de outras funções, como atribuição e operação com vetores, opção por modelos de partículas cinemáticas ou dinâmicas, análises de inclinações e áreas de gráficos e ajustes de curvas para determinação de funções aproximadas.

Neste trabalho, buscamos aproveitar as possibilidades de observação de movimentos e a confecção simultânea de gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo, a fim de conferir sentidos mais concretos para os gráficos de cinemática e explorar as confusões apontadas por Beichner (1994) no estudo desses gráficos.

Capítulo III - Descrição do Trabalho Desenvolvido

III.1- Realidade escolar da aplicação - o IFF Cambuci

III.1.1- Histórico

O Campus Avançado de Cambuci do Instituto Federal Fluminense fica localizado na antiga fazenda Santo Antão, na zona Rural do município de Cambuci, onde funcionou por décadas o Colégio Agrícola de Cambuci, gerido pela Rede Estadual de Educação. O mesmo terreno, uma área rural de 50 hectares, também recebeu instalações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento até o ano de 2012, ano em que a fazenda passou ao IFF e se tornou o Núcleo Avançado de Cambuci, vinculado ao Campus Bom Jesus do Itabapoana. Nesse ano, passou a oferecer o curso técnico em agropecuária concomitante ao ensino médio, aproveitando a disponibilidade técnica do Campus Bom Jesus e as potencialidades da área em que foi instalada.

Em 2014, o Núcleo Avançado de Cambuci entrou num processo de expansão em direção à autonomia administrativa e material. Recebeu a denominação de Campus Avançado de Cambuci junto com um cargo próprio de Direção, bem como corpos administrativo e docente ampliados com vistas à expansão do número de alunos. Há ainda um projeto de ampliação da área edificada com a construção de um prédio que abrigará salas de aula, laboratórios didáticos, biblioteca e auditório.

O Ensino Médio passou a ser ofertado integrado ao curso técnico e foi criado um novo curso, o de Agroecologia, voltado para a produção de alimentos orgânicos e pequenas propriedades, objetivando alternativas para fomentar a economia e a agropecuária familiar, bem como aproveitar a infraestrutura física e o corpo docente disponíveis.

III.1.2- Estrutura Física

O espaço é considerado suficientemente grande e propício para receber mais instalações didáticas e de pesquisa. Atualmente, conta com sete salas de aula e um auditório. Com os demais prédios construídos, o *campus* tem um refeitório e dois alojamentos (um feminino e um masculino) com capacidade para 25 estudantes cada um, aproximadamente. Há ainda salas destinadas à Direção e Administração, bem como pequenas despensas e depósitos de materiais.

Todos os prédios, à exceção de um bloco de quatro salas cuja construção encerrou em maio de 2016, sofrem com infraestrutura inadequada ao funcionamento de uma escola, como telhados não projetados para sistemas de refrigeração, instalações elétricas antigas e defasadas e problemas no abastecimento de água.

III.1.2.1- Laboratório de informática

Instalação essencial à sequência didática planejada, conta com doze microcomputadores em um espaço relativamente restrito, numa sala com cerca de 20m^2. Com refrigeração ineficiente e uso inadequado dos alunos, as falhas nos aparelhos tornam-se constantes, impedindo que todos funcionem ao mesmo tempo.



Figura 5: Laboratório da informática do IFF Cambuci.

Tal situação impede o uso simultâneo por todos os alunos de uma turma. Assim, as turmas foram divididas pela metade, alternando as aulas neste espaço entre seu horário regular e tempos vagos em outro dia da semana. Mesmo com essa medida, não foi possível garantir um computador por aluno, resultando em dois ou três por aparelho, muitas vezes com apenas um do grupo operando a videoanálise e os demais ao lado ou atrás do primeiro.

III.1.3- Características da escola e do corpo discente

Durante o primeiro trimestre, as aulas de Física foram interrompidas ao menos quatro vezes por feriados diversos. Todas as aulas foram repostas, mas contando com apenas um encontro semanal, a descontinuidade nas aulas alcançou duas semanas, em algumas ocasiões.

Além dos problemas do calendário, muitos estudantes relatam o choque da rotina encontrada no IFF Cambuci, especialmente no primeiro ano. A escola técnica, possui diversas disciplinas a mais do que as escolas convencionais e é a única escola da região que funciona em tempo integral (matutino e vespertino). As notas dos alunos são particularmente baixas nesse período, indicando a dificuldade na adaptação às exigências da escola.

A baixa procura pelo IFF Cambuci não favorece o trabalho planejado pelo corpo docente. Pelo segundo ano consecutivo, ou seja, desde a inauguração da modalidade Ensino Médio Integrado ao Técnico, o número de candidatos no processo seletivo foi inferior ao total de vagas ofertadas.

Tal desinteresse pode ter três explicações principais: a reduzida população do município de Cambuci e dos municípios ao redor (Cambuci tem 15 mil habitantes, sendo sete mil no centro, o que leva à estimativa de apenas cerca de 300 jovens com idades entre 14 e 19 anos próximos à escola), a baixa atratividade das opções de curso, na área agrícola e a existência de outros *campi* do IFF em distâncias acessíveis (como Santo Antônio de Pádua, Itaperuna e a sede, Campos dos Goytacazes).

Todas essas dificuldades encontram expressão numa triste estatística da escola, a evasão escolar. No ano de 2015, cerca de 60% dos estudantes que foram matriculados no primeiro ano do Ensino Médio pediram transferência para outras instituições. Somando esse fator às reprovações, apenas 30% dos alunos chegaram ao segundo ano. Durante o período de aplicação de sequência didática, 81 alunos se matricularam no primeiro ano (incluindo sorteios realizados para preencher vagas ociosas), 74 chegaram a realizar o pré-teste e apenas 64 realizaram o pós-teste.

III.2- Metodologia

Este trabalho consistiu na elaboração de uma sequência didática e sua análise sobre o tema de gráficos de cinemática. A sequência contou com atividades de videoanálise utilizando o software *Tracker* a fim de estudar os gráficos de cinemática de movimentos retilíneos uniformes (MRU) e movimentos retilíneos uniformemente variados (MRUV). Algumas das aulas se valeram da metodologia POE, com o objetivo de favorecer a superação de dificuldades comuns na interpretação de gráficos, como as apontadas por Beichner (1994).

A avaliação quantitativa da metodologia baseou-se na comparação entre aplicações do TUG-K (BEICHNER 1994) antes e depois das aulas a fim de medir o ganho de Hake (1998). Além disso, foi possível estabelecer uma avaliação qualitativa baseada na participação dos alunos durante as aulas e nas respostas contidas nas fichas de atividade de cada aula.

As aulas foram ministradas para as duas turmas de primeiro ano do Ensino Médio Integrado ao Curso Técnico em Recursos Naturais do *Campus* Avançado Cambuci do Instituto Federal Fluminense, contando com encontros semanais de dois tempos (1h40min) cada, ao longo do primeiro trimestre letivo de 2016, entre os meses de março e junho do

referido ano. As aulas e atividades corresponderam ao conteúdo integral do primeiro trimestre de Física.

III.2.1- Sequência didática

A seguir, uma descrição detalhada de cada encontro da sequência didática. Ao todo, o trimestre teve treze encontros, incluindo a apresentação do curso, o pré e o pós-teste, as aulas introdutórias, as de revisão e as de atividades de videoanálise. Todos os vídeos estão disponíveis no Dropbox através do link:

https://www.dropbox.com/sh/iq7d4pgrqeukfgu/AACiod0DmTG1CwO4nadd1Htea?dl=0

III.2.1.1- Aula 1 - Apresentação

Nesta aula, não foi discutido nenhum conceito físico. Os alunos foram apresentados ao professor da disciplina e a um plano resumido do curso. A problemática em torno da busca pela explicação do movimento e seu papel na consolidação da mecânica e da Física como a conhecemos foi discutida. Os principais tópicos do primeiro trimestre foram apresentados.

III.2.1.2- Aula 2 - Pré-teste, aplicação do TUG-K

No segundo encontro, os alunos tiveram dois tempos (1h40) para responder ao TUG-K. Foi explicada a função diagnóstica do teste, sua finalidade de conhecer o quanto os alunos dominavam do tema antes do trabalho a ser realizado. Os alunos não foram avisados sobre a nova aplicação do mesmo teste num momento posterior, nem a metodologia de comparação entre ambos.

III.2.1.3- Aula 3 - Introdução a conceitos de cinemática

A aula foi baseada em na ficha 1 (conforme consta na seção de Anexos) com o objetivo de discutir as principais grandezas cinemáticas (Posição, Velocidade, Aceleração e Tempo), o significado de cada uma e como são utilizadas para descrever movimentos simples, como movimentos retilíneos uniformes e uniformemente variados.

A ficha utilizada, de autoria do Professor Daniel Sasaki, do CEFET-RJ, encontra-se na seção de Anexos, no fim deste trabalho.

III.2.1.4- Aula 4 - Introdução aos gráficos de cinemática

Nesta aula, utilizou-se a ficha 2 (conforme consta na seção de Anexos), adaptada do Professor Daniel Sasaki, do CEFET-RJ (ficha disponível no anexo), cujo objetivo era associar a representação de movimentos registrados por sequências de posições e tempos (imagem estroboscópica) a gráficos de posição em função do tempo e velocidade em função do tempo. Os alunos, com orientação do professor, traçavam gráficos a partir das

informações de posição e tempo de imagens e as informações de velocidade a partir de enunciados. Também teve o objetivo de dar aos alunos um guia dos principais gráficos de posição por tempo e seus consequentes gráficos de velocidade por tempo.

III.2.1.5- Aula 5 - Introdução à videoanálise e ao software *Tracker* - Atividade "Moto na Estrada"

Os alunos foram levados ao laboratório de informática da escola e apresentados ao *software Tracker.* Nesta aula, foram orientados pelo professor na análise de um movimento retilíneo uniforme. O movimento filmado é de uma moto passando na estrada em frente ao *Campus* Cambuci. O vídeo foi filmado pelos professores Júlio César Gallio da Silva e Romulo Mussel, do IFF Cambuci.

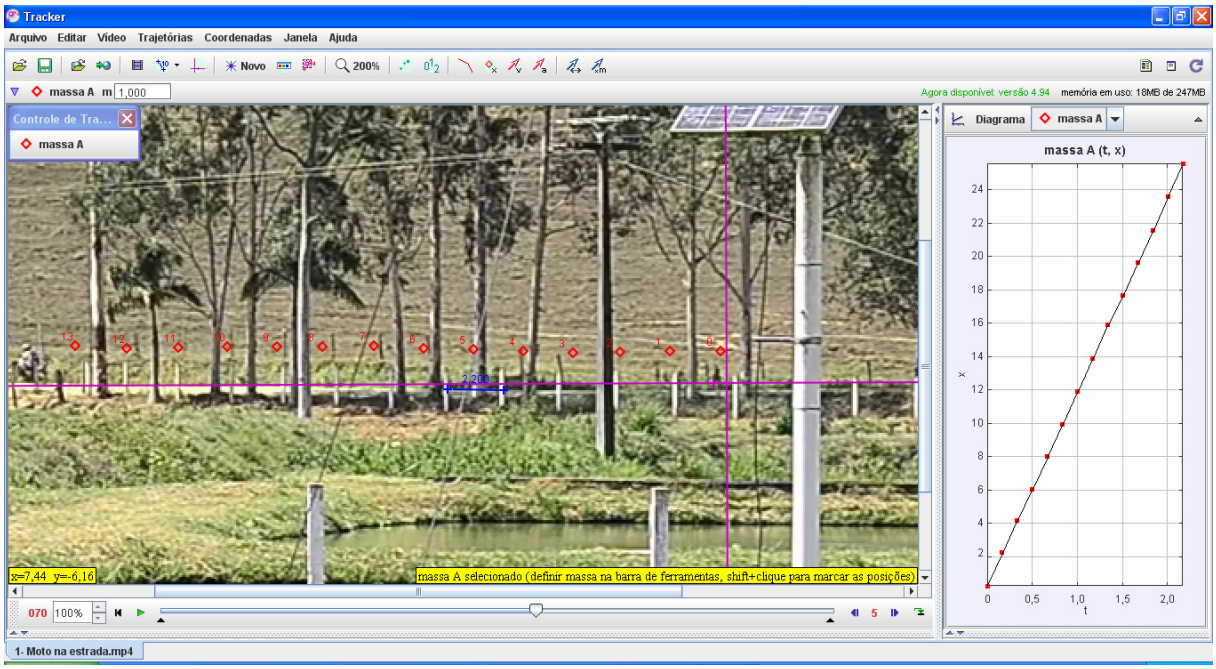


Figura 6: Experimento Moto na estrada, captura de imagem no *Tracker*.

Esse vídeo contém um trecho de movimento retilíneo uniforme. Assim, os alunos podem dominar os comandos básicos do software com um movimento relativamente simples e concreto. Os alunos aprenderam a marcar a posição do objeto em cada quadro, estabelecer o sistema de coordenadas espaciais e avaliar qualitativamente o movimento, olhando a constância do deslocamento quadro a quadro e o gráfico de posição em função do tempo como uma reta inclinada.

Na ficha entregue aos estudantes, foi pedido que representassem o movimento de três formas diferentes: um desenho livre do movimento, a representação das sucessivas posições quadro a quadro com o auxílio de uma régua, e o esboço do gráfico de posição em função do tempo. Além disso, foram incluídas questões sobre como seria possível

determinar, em cada representação, se velocidade seria constante e como determinar o valor da mesma a partir do gráfico. A ficha utilizada encontra-se no anexo.

Para a preparação do arquivo do *Tracker*, foi selecionado um vídeo filmado no IFF Cambuci em 2015 durante um laboratório de elaboração e análise de vídeos. Sabia-se de antemão que o vídeo apresentava um movimento claramente uniforme e de fácil assimilação. Definiram-se previamente os limites iniciais e finais do filme a fim de recortar o trecho ideal de análise, definiu-se a origem das coordenadas como o primeiro ponto visível da moto, a direção e o sentido positivo do eixo x foram atribuídos de modo a coincidir com o movimento e a referência espacial foi demarcada com a distância entre as estacas da cerca, cujo valor é conhecido e vale 2,20m. Por fim, omitiu-se o sistema de referências para evitar confusões na marcação das posições pelos alunos e ajustou-se a taxa de cinco *frames* por segundo de modo a reduzir a quantidade de pontos marcados e evidenciar mais facilmente a constância da distância percorrida quadro a quadro.

III.2.1.6- Aula 6 - Videoanálise de movimento retilíneo uniforme - Atividade "Trilho de ar horizontal"

Similar à aula anterior, essa aula baseou-se na análise de um vídeo de movimento retilíneo uniforme. Porém, utilizamos um exemplo mais distante do cotidiano dos alunos: um carrinho sobre um trilho de ar horizontal (tal equipamento não está disponível na escola).

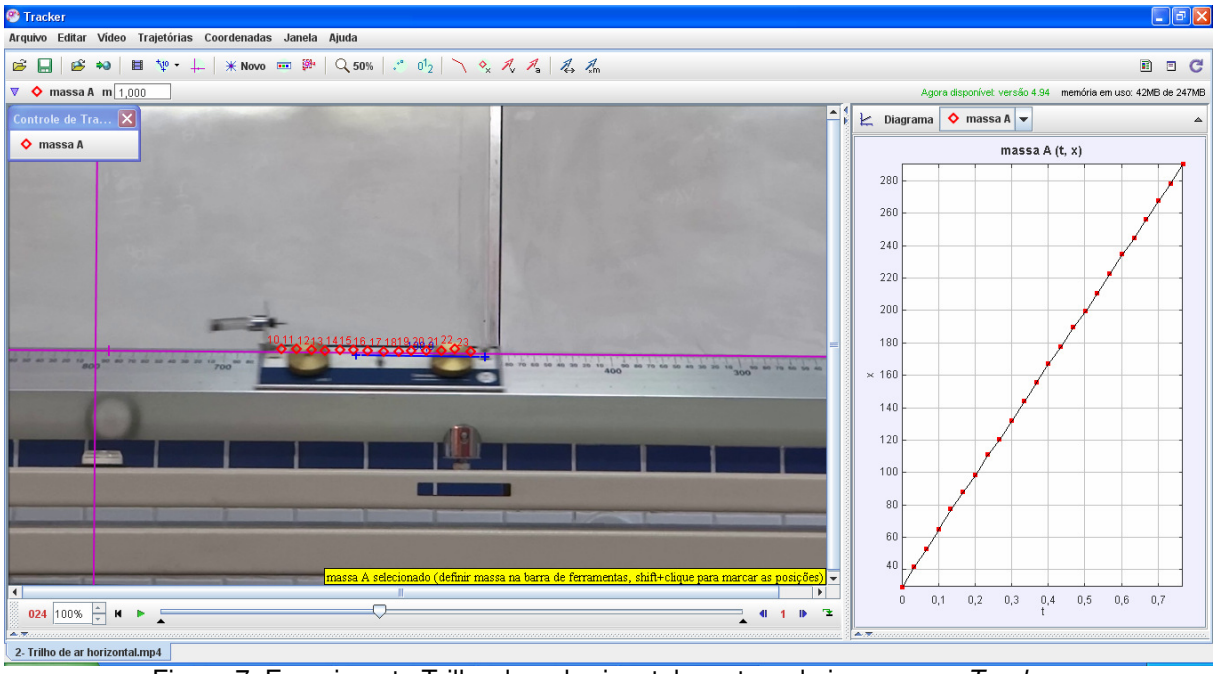


Figura 7: Experimento Trilho de ar horizontal, captura de imagem no *Tracker*.

As mesmas perguntas da aula anterior foram feitas na ficha dessa aula: pediu-se três representações do movimento (desenho, posições sucessivas na régua e o gráfico de posição em função do tempo) além de questões sobre como determinar se a velocidade é

constante a partir das diferentes representações e o valor da mesma a partir do gráfico. A ficha utilizada encontra-se no anexo.

O vídeo foi filmado pelo Professor Daniel Sasaki no laboratório de Física do CEFET-RJ. Consiste num carrinho de trilho de ar horizontal deslizando após receber um impulso inicial, com velocidade praticamente constante. Foi delimitado um trecho do vídeo contendo apenas o movimento em um sentido (a primeira ida do carrinho, antes do choque com a extremidade do trilho). A direção do eixo x foi alinhada com o trilho horizontal e o sentido positivo coincidindo com o sentido do movimento do carrinho (da direita para a esquerda). A escala de distâncias foi demarcada com o auxílio da régua do trilho de ar. Mais uma vez, tanto o sistema de coordenadas, quanto a escala de distâncias foram omitidos para não atrapalhar os estudantes.

III.2.1.7- Aula 7 - Videoanálise de movimento retilíneo uniforme com introdução à metodologia POE - Atividade "Gota de água no óleo"

Essa aula teve como novo objetivo familiarizar os alunos com o trabalho baseado na metodologia POE. Eles foram apresentados ao seguinte problema: uma gota de água descendo numa garrafa cheia de óleo de cozinha comum. Valendo-se de conteúdo recentemente estudado em Química, de misturas heterogêneas, foi possível resgatar a ideia de que a água afundaria no óleo.

A seguir, informou-se que a velocidade da mesma seria constante, pois tal fato não havia sido abordado em Química, os alunos não tinham como saber de antemão e o objetivo dessa atividade não era a exploração do fenômeno físico, mas de seus consequentes gráficos de cinemática. Também foi explicado como tinha sido estabelecido o sistema de coordenadas. Após esses esclarecimentos, pediu-se que os alunos fizessem, em ficha separada, uma previsão do comportamento do movimento, com as três representações pedidas nas outras aulas, o desenho, o registro das posições quadro a quadro numa régua e o gráfico de posição por tempo.

Na sequência, os grupos foram levados à sala de informática onde efetuaram a análise do vídeo da gota de água descendo verticalmente numa garrafa de óleo.

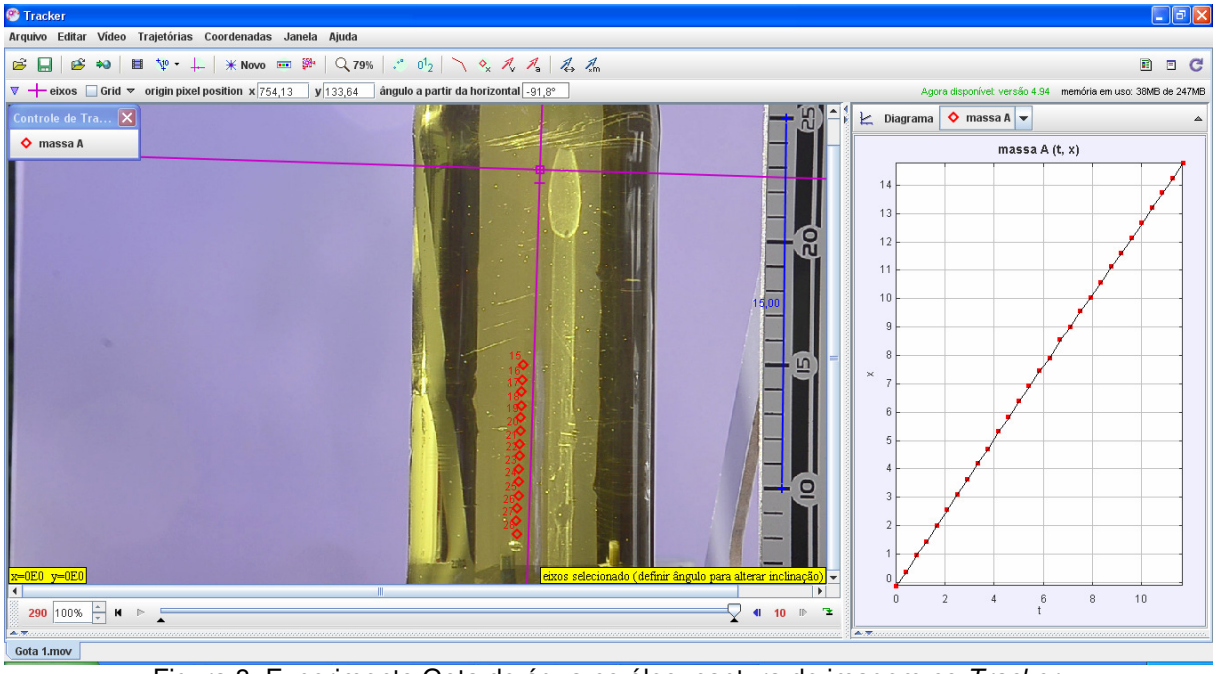


Figura 8: Experimento Gota de água no óleo, captura de imagem no *Tracker*.

Na ficha seguinte, foi pedido aos alunos que registrassem as representações do movimento pedidas na previsão, explicassem como era possível determinar se a velocidade era constante através das mesmas representações e, como componente explicação, foi pedido que explicassem por que o gráfico de posição por tempo teve como forma uma reta inclinada.

Para a composição do vídeo, utilizou-se uma garrafa PET de 2 litros transparente cheia de óleo. A gota de água foi pingada com o auxílio de conta-gotas. Para que a gota afundasse no óleo, era necessário que atingisse a superfície do óleo com alguma velocidade, a fim de romper a tensão superficial e afundar. Para isso, bastou soltar a gota a cerca de quinze centímetros acima da superfície do óleo. Para a visualização da gota no vídeo, o mesmo foi filmado sob o Sol de meio-dia e com o auxílio de um espelho horizontal sob a garrafa. Assim, havia luz incidindo verticalmente sobre e sob a gota, destacando a superfície da mesma e garantindo melhor visualização. O vídeo foi filmado pelos professores Júlio César Gallio da Silva e Romulo Mussel, do IFF Cambuci.



Figura 9: Materiais usados (garrafa transparente e conta-gotas).

Para se obter uma referência de distâncias na imagem, foi fixada uma régua ao lado da garrafa, o mais próximo possível do meio desta, para evitar distorções nas medidas efetuadas pelo *Tracker*. No arquivo do *Tracker*, foi selecionado um trecho do vídeo em que a gota já estivesse em velocidade constante e fosse perfeitamente visível. Definiu-se a origem do sistema de coordenadas como a primeira posição da gota, a direção do eixo x como a vertical e o sentido positivo como o mesmo do movimento da gota, ou seja, para baixo. Mais uma vez, o sistema de coordenadas e a escala de distâncias foram omitidos para melhor marcação dos pontos. Foi definida uma taxa de 10 *frames* por segundo, devido à quantidade excessiva de quadros, mesmo em poucos segundos de vídeo.

Sobre a metodologia POE, esperava-se que não houvesse muitos conflitos cognitivos nesse vídeo. Os alunos conheciam o comportamento de um movimento retilíneo uniforme e foram instruídos sobre o comportamento da gota. Porém, como foi dito, essa aula teve a função de apresentar essa nova dinâmica aos alunos, dividida em três momentos (um em sala de aula, um no laboratório e mais um final em sala de aula). Além do mais, a estratégia do conflito cognitivo deve ser usada com cautela, pois se os alunos esperarem ser surpreendidos sempre, eles elaborarão previsões sem sinceridade, mas esperando algum truque por parte do professor (HAYSOM, BOWEN, 2010).

III.2.1.8- Aula 8 - Videoanálise de movimento retilíneo uniforme com uso da metodologia POE - Atividade “Corrida das gotas de água no óleo”

Uma das atividades mais extensas no planejamento, consistiu na análise dos movimentos de duas gotas de água no óleo, descendo simultaneamente com velocidades diferentes. Uma gota menor, com menos massa de água e uma maior, com mais massa de água.

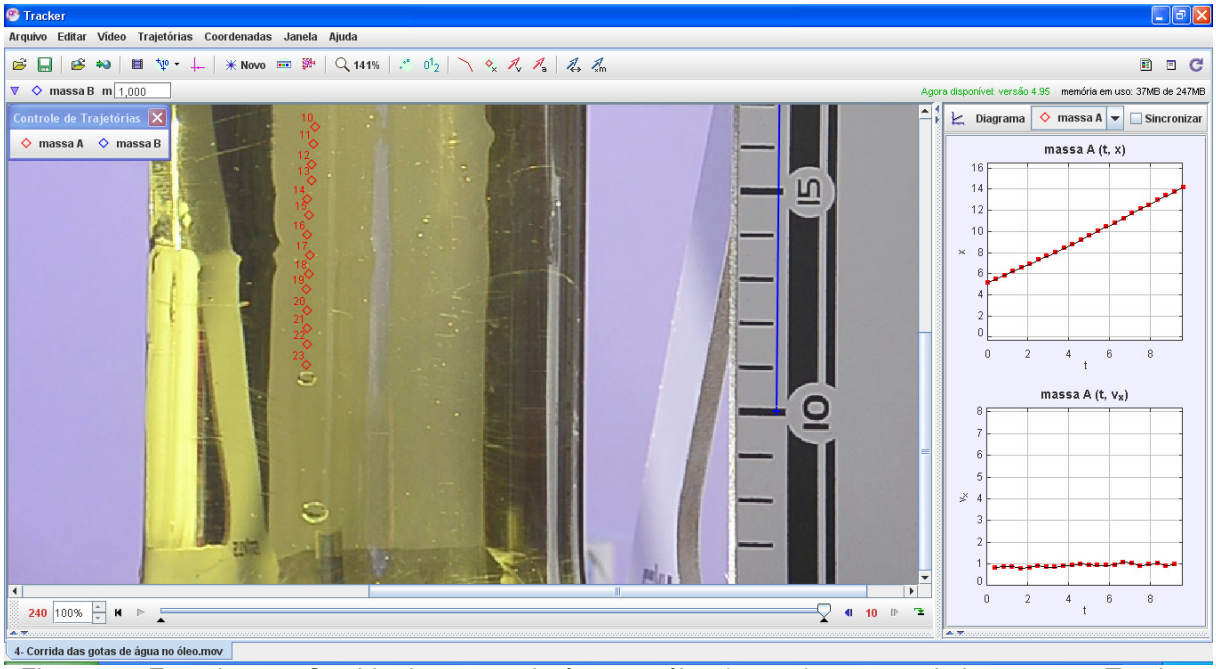


Figura 10: Experimento Corrida das gotas de água no óleo (gota 1), captura de imagem no *Tracker*.

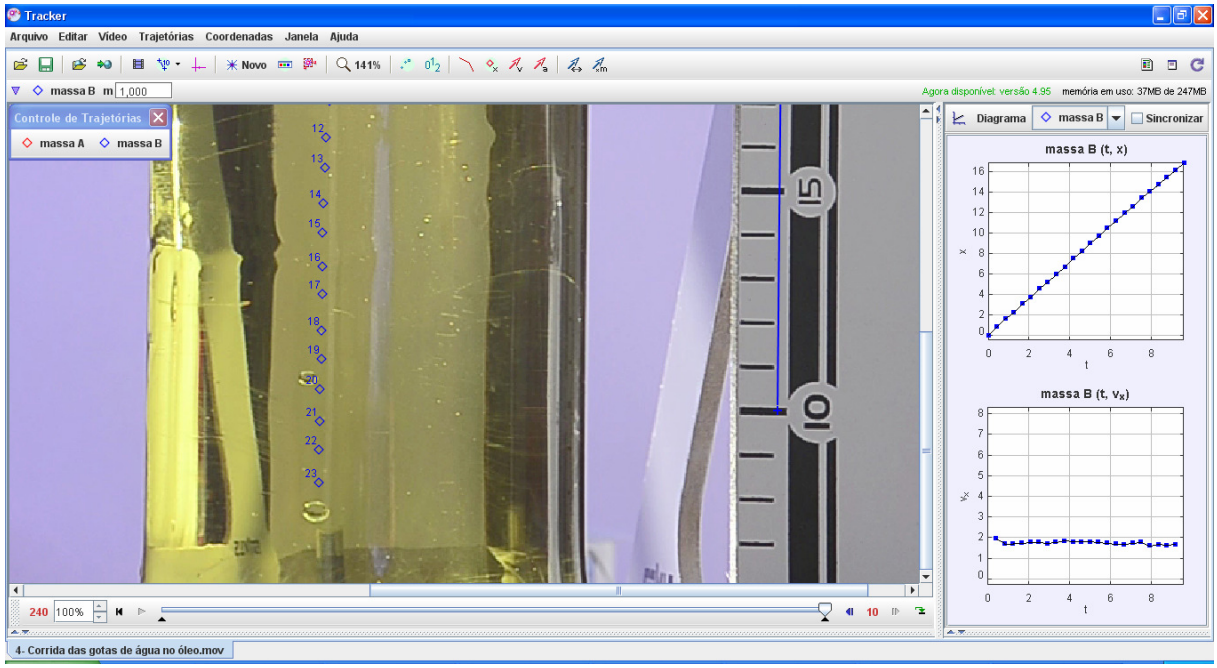


Figura 11: Experimento Corrida das gotas de água no óleo (gota 2), captura de imagem no *Tracker*.

Aos alunos, foi pedido que preenchessem a ficha de previsão com as representações dos movimentos de cada gota, desenho dos movimentos, posição quadro a quadro e gráficos de posição em função do tempo. Além desses itens, pediu-se os gráficos de velocidade em função do tempo de cada gota.

Aqui, esperava-se que os alunos começassem a pensar na articulação entre os gráficos de posição por tempo e seus consequentes gráficos de velocidade por tempo. Além disso, a situação de ultrapassagem poderia induzir os alunos a pensar em aceleração, ainda que os alunos não utilizem esse termo.

Na videoanálise, os alunos foram solicitados a marcar a posição de cada gota com massas diferentes e preencher as mesmas representações pedidas na previsão. Além disso, foi solicitado que calculassem as velocidades a partir dos gráficos de posição por tempo e compará-las com as informações dos gráficos de velocidade. Também foram questionados, na etapa Explicação, sobre a forma de cada gráfico (retas inclinadas para os gráficos de posição e retas horizontais para os gráficos de velocidade).

A filmagem utilizou técnicas do vídeo anterior. Filmado no mesmo horário, em condições de iluminação idênticas e o espelho para reforçar o limite da superfície das gotas. Para o efeito de ultrapassagem, foram produzidas gotas de tamanhos diferentes, com massas de água desiguais. Utilizou-se dois conta-gotas com aberturas diferentes. Além disso, foram lançadas em tempos diferentes, para que, num dado instante inicial, a posição inicial da gota menor fosse maior e esta fosse ultrapassada pela maior. A filmagem, mais uma vez, foi realizada pelos professores Júlio César Gallio da Silva e Romulo Mussel, do IFF Cambuci.

Para o arquivo do *Tracker*, foram atribuídos dois pontos de massa (um para cada corpo em movimento), cada uma com os gráficos de posição e velocidade em função do tempo. As escalas dos gráficos foram pré-ajustadas para melhor visualização dos mesmos e para demonstrar a diferença de inclinação dos gráficos de posição (este comportamento não fica evidente na escala automática do *Tracker,* mas só quando as escalas de posição e tempo são iguais).

Sobre o conflito cognitivo esperado, se supôs a confusão entre variáveis cinemáticas, com gráficos de velocidade não constantes. De fato, o termo ultrapassagem remete os alunos à aceleração e esperava-se que representassem essa variação nas velocidades. Além disso, planejou-se explorar o cálculo de inclinações diferentes, uma para cada gráfico de posição e associá-las às diferentes velocidades. Também foi possível explorar o cálculo de inclinações de retas que não passam pela origem.

III.2.1.9- Aula 9 - Videoanálise de movimento retilíneo uniformemente variado com metodologia POE - Atividade “Queda livre”

A queda livre é o exemplo clássico de movimento retilíneo uniformemente variado, explorado em todos os cursos de Mecânica em qualquer nível. Esta atividade foi pensada como a primeira a apresentar a variação na velocidade. O vídeo consistiu na filmagem de uma pequena bola caindo a partir do repouso.

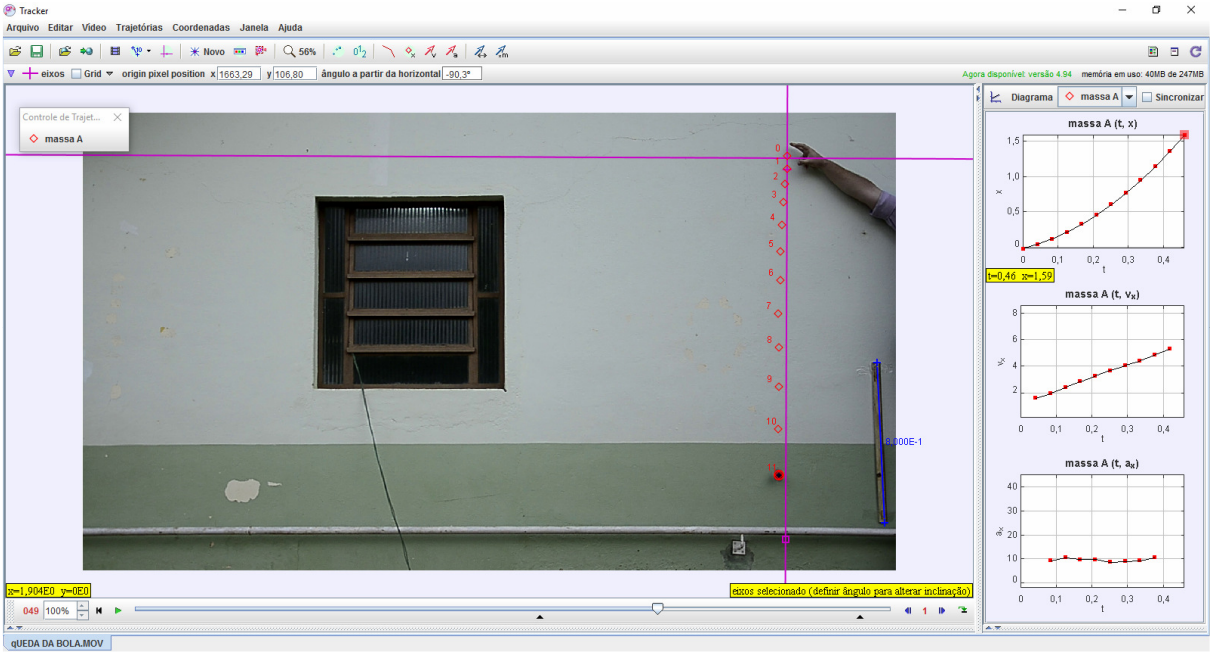


Figura 12: Experimento Queda livre, captura de imagem no *Tracker*.

Aqui os alunos foram solicitados a prever as representações do movimento, como o desenho, a marcação das posições quadro a quadro numa régua e os gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo. Apesar de não terem sido apresentados a nenhum gráfico de aceleração, eles já tinham sido apresentados a gráficos de grandezas constantes e uniformemente variadas no tempo. Assim, esperava-se que fossem capazes de estimar algum comportamento para a aceleração e representar essa estimativa adequadamente.

Na videoanálise, os alunos marcaram a posição da bola em cada quadro, desde o quadro em que a bola é deixada cair, até o quadro anterior ao impacto com um obstáculo no ponto inferior da imagem. Deveriam desenhar as mesmas representações pedidas na previsão, além de explicar a forma de cada gráfico (a parábola no gráfico de posição, a reta inclinada na velocidade e a reta horizontal na aceleração).

Para a composição do vídeo foram utilizadas as dependências do IFF Cambuci. Uma régua de 80cm de comprimento foi colada a uma parede para obter a referência de distâncias. A bola foi largada rente à parede para evitar distorções nas medidas devido a um afastamento em relação à câmera (efeito do ângulo visual). Como a velocidade de queda chega a ficar relativamente rápida, mesmo numa queda de aproximadamente dois metros, é comum ver a imagem da bola com um considerável arrasto, devido ao deslocamento da mesma dentro do mesmo quadro. Para contornar essa complicação, a câmera foi ajustada para filmar em 400 quadros por segundo. Tal configuração leva a uma menor entrada de luz pelo obturador, a filmagem foi realizada em ambiente aberto com iluminação adequada. O número excessivo de quadros, e as pequenas distâncias entre cada posição sucessiva da

bola (o que poderia acarretar em uma maior imprecisão nos cálculos de velocidade e aceleração pelo programa) foram compensados com uma taxa de dez *frames* por segundo. A filmagem foi realizada pelos professores Júlio César Gallio da Silva e Romulo Mussel, do IFF Cambuci.

Seria possível se valer da enorme taxa de frames por segundo e aproveitar o número de pontos experimentais aumentando o intervalo utilizado para calcular a velocidade instantânea correspondente a cada instante do movimento. Por exemplo, poderia ser utilizado um artifício semelhante ao proposto por de Jesus e Sasaki (2015) na vídeo-análise de um lançamento horizontal de uma esfera. Os autores exportaram os dados de posição e tempo para outro *software* e determinaram as velocidades instantâneas aumentando o intervalo ente os pares de posição e tempo, através da relação:

$$v_x(t_n) = \frac{\Delta x_{n-3;n+3}}{\Delta t_{n-3;n+3}} = \frac{x_{n+3} - x_{n-3}}{t_{n+3} - t_{n-3}}$$

Considerando a velocidade instantânea num instante *n* como a velocidade média entre os pontos experimentais *t=n-3* e *t=n+3*, ou seja, entre três pontos experimentais antes e três depois. O *Tracker* considera, para cálculos semelhantes, apenas o intervalo entre o ponto anterior e o posterior (*t=n-1* e *t=n+1*). Assim, utilizando-se desse método, o intervalo de posições é maior e reduz-se a incerteza da velocidade, porém com mais pontos experimentais do que apenas reduzindo o número de quadros. Essa técnica permitiria um cálculo mais acurado da aceleração, dado o maior número de valores de velocidade disponíveis. Entretanto, visando não utilizar outros *softwares* a fim de reduzir as possíveis confusões dos alunos, este método não foi utilizado nesta atividade e em nenhuma das demais apresentadas neste trabalho.

O arquivo do *Tracker* foi configurado definindo os limites temporais do vídeo, utilizando a régua como referência de espaço e definindo o sistema de coordenadas com a origem na posição inicial da bola e o sentido positivo do eixo x no mesmo sentido da queda do corpo. Foram pré-selecionados os gráficos de posição, velocidade e aceleração por tempo. As escalas dos gráficos foram pré-ajustadas para melhor visualização dos mesmos.

Sobre os conflitos cognitivos esperados, pode-se citar a contra-intuitividade de uma posição aumentando durante um movimento de queda. Além disso, como a aceleração ainda era um comportamento pouco entendido por eles, seria possível esperar previsões para o comportamento no gráfico de aceleração que diferisse da constância, ou seja, com formas diferentes da linha horizontal.

III.2.1.10- Aula 10 - Videoanálise de movimento retilíneo uniformemente variado com metodologia POE - Atividade “Subida na rampa”

Nesta atividade, o movimento estudado é o de uma bolinha subindo um trilho inclinado, desde um ponto mais baixo até uma altura máxima e seu movimento de descida.

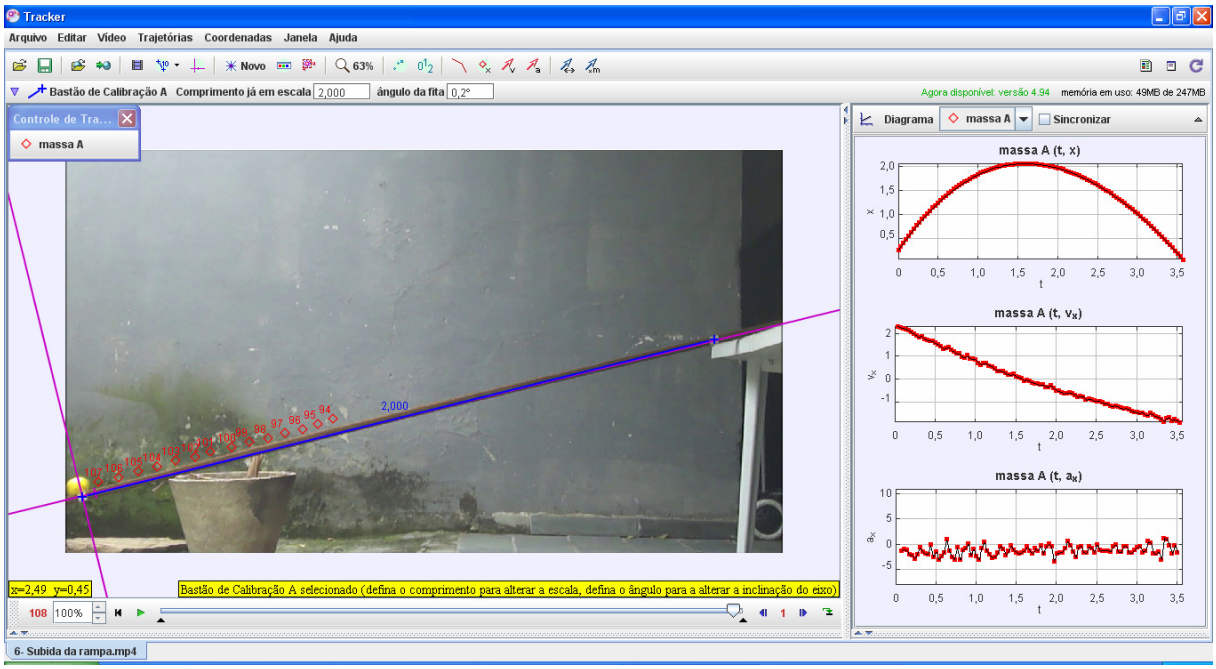


Figura 13: Experimento Subida na rampa, captura de imagem no *Tracker*.

Os alunos foram solicitados a prever as representações do movimento, como o desenho, a marcação das posições quadro a quadro numa régua e os gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo. Esperavam-se dificuldades devido à inversão de velocidade e sua confusão com a aceleração.

Na videoanálise, os alunos marcaram a posição da bola em cada quadro, desde o quadro em que a bola começa a subir a rampa, até o em que ela retorna ao ponto mais baixo. Deveriam desenhar as mesmas representações pedidas na previsão, além de explicar a forma de cada gráfico (a parábola no gráfico de posição, a reta inclinada na velocidade e a reta horizontal na aceleração). Além disso, foi pedido que os alunos explicassem as disparidades entre suas previsões e o que foi observado no programa.

O vídeo foi filmado com uma canaleta de aço de aproximadamente três metros de comprimento. A mesma foi colocada sobre apoios para que se mantivesse reta e inclinada. Foram feitas duas marcações na canaleta, distando dois metros uma da outra, para servir de referência de distância. Uma pequena bolinha de borracha foi lançada desde um ponto baixo com velocidade suficiente pra alcançar o ponto mais alto visível no vídeo. A cor da bolinha foi escolhida de forma a contrastar com o fundo da filmagem. A filmagem foi realizada pelo professor Júlio César Gallio da Silva, do IFF Cambuci.

O arquivo do *Tracker* foi configurado definindo os limites temporais do vídeo, utilizando a régua como referência de espaço e definindo o sistema de coordenadas com a origem um pouco abaixo da posição inicial da bola, a direção do eixo x alinhada com a canaleta e o sentido positivo do eixo x junto ao sentido da subida da bola. Foram pré-selecionados os gráficos de posição, velocidade e aceleração por tempo. As escalas dos gráficos foram pré-ajustadas para melhor visualização dos mesmos.

Esperava-se, como já foi dito, que os alunos confundissem a inversão de velocidade e supusessem uma aceleração variável. Além disso, a forma do movimento, subindo numa linha reta inclinada, poderia influenciar a forma como os alunos representariam o gráfico de posição em função do tempo como uma fotografia do movimento, ou seja, como uma reta inclinada.

Neste vídeo há o inconveniente do movimento não ser exatamente uniformemente variado. O gráfico de posição não mostra simetria, como uma parábola alongada no final. Além disso, o gráfico de velocidade não se comporta como uma reta e a aceleração não permanece constante, ainda considerando as flutuações do gráfico. Por se tratar de um corpo real e sujeito a deformações, cabem as considerações feitas por de Jesus e Sasaki (2014) ao investigar o atrito de rolamento. Um corpo real, ao rolar, sofre deformações e estas tendem a dissipar a energia mecânica. Tal dissipação é originada pela força de atrito de rolamento. Como o atrito opõe-se ao sentido do deslocamento do centro de massa, essa força soma-se à componente do peso paralela ao deslocamento na subida, e opõe-se a essa mesma força na descida, o que gera uma força resultante não constante durante todo o movimento. Logo, o módulo da aceleração de subida é maior que o módulo da aceleração de descida, produzindo, no gráfico de velocidade, duas retas inclinadas que se conectam no ponto onde a velocidade é igual a zero.

Apesar desse comportamento, a sutileza da diferença entre um movimento uniformemente variado convencional, especialmente na forma do gráfico de posição em função do tempo, não gera maiores problemas para uma análise qualitativa numa sala de aula de ensino médio. Uma análise quantitativa, entretanto, envolveria considerações mais rigorosas sobre esse fenômeno.

III.2.1.11- Aula 11 - Videoanálise de dois movimentos e análise da área do gráfico - Atividade "Carro entrando no IFF Cambuci"

Esta atividade consistiu na análise dos movimentos de dois vídeos. Em ambos, registrou-se a entrada de um carro no corredor de palmeiras na entrada do *Campus* Cambuci.

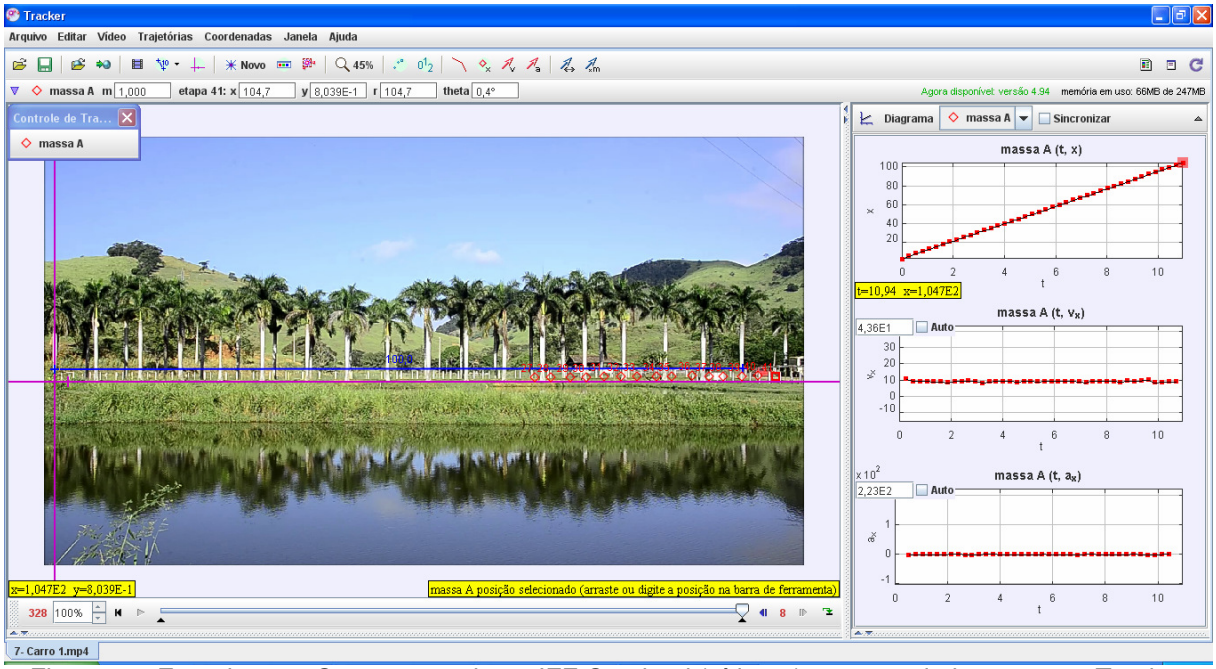


Figura 14: Experimento Carro entrando no IFF Cambuci (vídeo 1), captura de imagem no *Tracker*.

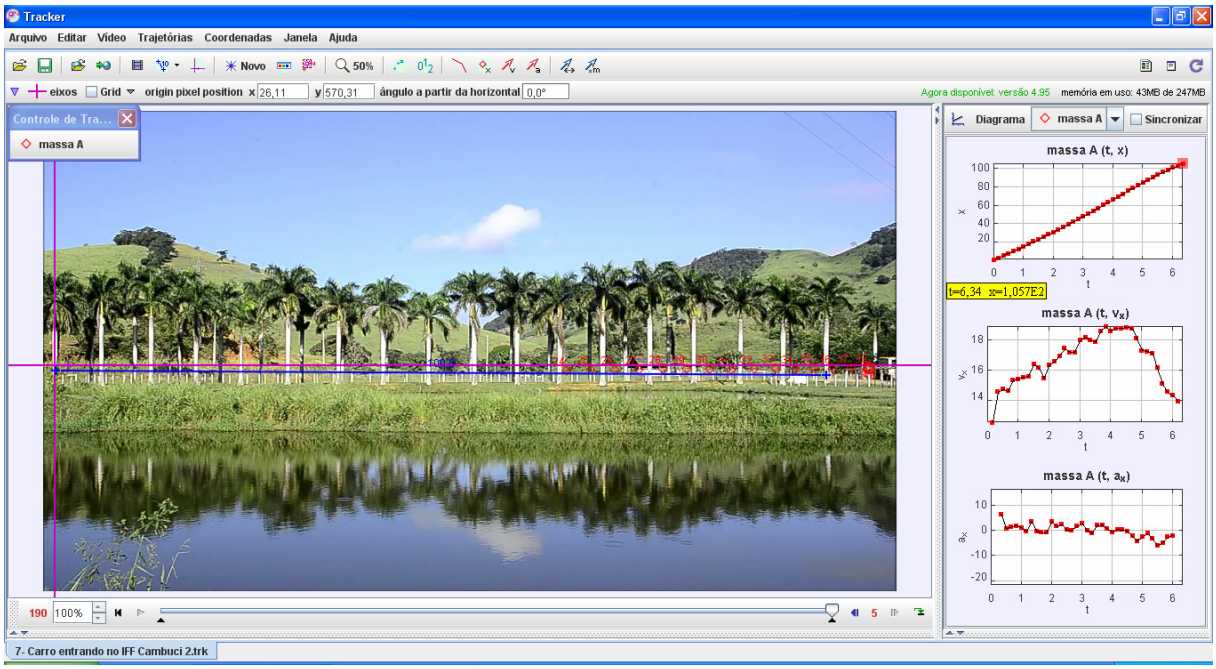


Figura 15: Experimento Carro entrando no IFF Cambuci (vídeo 2), captura de imagem no *Tracker*.

Esta atividade, além de permitir mais uma comparação entre gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo para movimentos diferentes, teve como objetivo principal apresentar o cálculo sob a área de um gráfico de cinemática. Especificamente, apresentar a correspondência entre a área sob um gráfico de velocidade e a variação de posição.

Sendo dois movimentos com gráficos bem distintos de velocidade em função do tempo, a área igual (uma vez que correspondem à mesma variação de posição, já que o

trecho percorrido pelo carro é o mesmo) e a equivalência com uma medida de algo bem conhecido dos alunos, a medição ganha um concretude e um significado especial para eles.

Porém, o cálculo da área sob um gráfico é um conhecimento sobre o que os alunos não possuem necessariamente conhecimento prévio e o erro comum apontado pela pesquisa de Beichner (1994) consiste em desconhecer o significado da área sob o gráfico. Assim, a metodologia POE foi julgada inapropriada para esta atividade, por não haver expectativa sobre a qual planejar um conflito cognitivo.

A filmagem foi realizada a uma distância considerável da entrada do *Campus,* cerca de 110m. Tal distância foi necessária não apenas a fim de enquadrar todo o corredor de palmeiras, mas também a fim de evitar distorções visuais nos extremos do trecho percorrido. Foram filmados dois vídeos, um com o carro entrando com velocidade constante, outro com o carro acelerando no começo e freando no final. Assim, foi possível obter dois gráficos bem distintos de velocidade por tempo, porém com áreas iguais, já que correspondem ao mesmo deslocamento. As filmagens ocorreram em horário de aulas de alunos, a fim de evitar circulação de alunos por questões de segurança. As filmagens foram realizadas pelos professores do IFF Cambuci Júlio César Gallio da Silva e Romulo Mussel.

O arquivo do *Tracker* foi configurado definindo a distância do próprio corredor de palmeiras como sendo 100m. Além disso, a origem do sistema de coordenadas no início do corredor de palmeiras, a direção do eixo x como a horizontal e seu sentido positivo como o sentido do movimento do carro. Os limites temporais foram ajustados ao trecho do vídeo correspondente ao movimento do carro dentro do corredor. A taxa de *frames* por segundo foi ajustada de forma a diminuir o número de pontos a serem marcados pelos estudantes: 5 *frames* por segundo no vídeo de velocidade constante e oito *frames* por segundo no vídeo com a velocidade variável. Tais valores foram escolhidos por coincidir o último frame com uma posição visível do carro no final do corredor.

Aos alunos, foi pedido que registrassem os gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo para os dois movimentos, conforme apareciam no vídeo. Além disso, foram apresentados à função de medição de área do gráfico e foi pedido que registrassem os valores da área de cada gráfico de velocidade em função do tempo. Em seguida foram solicitados a comparar os valores obtidos com a medida do comprimento do corredor de palmeiras, através de uma imagem obtida no *Google Maps*, contendo a referida medida.



Figura 16: Gráficos de velocidade em função do tempo e foto de satélite, captura de imagem no *Tracker* e foto do *Google Maps*.

Houve uma série de dificuldades técnicas na análise desse vídeo. As posições do carro não são facilmente identificáveis devido aos obstáculos no percurso, como os troncos de palmeiras, cercas e o mato na entrada. Além disso, a resolução do vídeo é baixa devido à distância entre o objeto e a câmera, dificultando a definição de um ponto do carro a ser usado como referência.

Tais imprecisões levaram a gráficos de velocidade e aceleração bem distantes do esperado, especialmente no segundo vídeo. A tentativa de produzir um gráfico contendo uma aceleração constante no início e uma desaceleração constante no final não foi tão frutífera. Especialmente considerando que os módulos das acelerações foram muito próximos de zero, o que tornou o gráfico de posição em função do tempo apenas levemente distinguível de uma linha reta e o de aceleração muito próximo ao de uma linha horizontal.

Algumas das dificuldades técnicas encontradas serão melhor discutidas no Capítulo IV, na seção de análise qualitativa.

III.2.1.12- Aula 12 - Revisão

A revisão abordou brevemente a importância da atenção às variáveis expressas no gráfico para evitar as confusões percebidas durante as aulas. Foram discutidos dois métodos de comparação de grandezas cinemáticas a partir dos gráficos: o cálculo da inclinação de um segmento de reta e o cálculo de área sob a curva do gráfico. Foi realizada uma série de exercícios sobre os dois métodos e foram enviados exercícios para a casa.

III.2.1.13- Aula 13 - Pós-teste, aplicação do TUG-K

Como último encontro, foi realizada uma nova aplicação do TUG-K, de forma a obter um pós-teste a fim de verificar o ganho na aplicação da metodologia citada. Esta aplicação contou como a avaliação trimestral para os alunos.

Capítulo IV – Análise dos dados e discussão

IV.1- Análise quantitativa

A parte quantitativa da análise consistiu na aplicação do *Test of Understanding of Graphics - Kinematics,* o TUG-K, antes e depois da aplicação das atividades que compuseram a sequência didática elaborada neste trabalho. Tais aplicações tiveram como objetivo obter resultados antes de qualquer trabalho específico sobre cinemática, o pré-teste e um após o trabalho, o pós-teste a fim de verificar o ganho no aprendizado dos alunos.

A análise quantitativa divide-se em duas partes: uma análise global do teste, pela avaliação do ganho relativo e em uma análise pormenorizada, analisando as variações de cada questão.

O ganho de Hake (g) é definido como uma razão entre o aumento absoluto verificado (percentual de acertos no pós-teste menos o percentual de acerto no pré-teste) e o quanto era possível alcançar no teste (percentual máximo menos a quantidade de acertos no pré-teste) (HAKE 1998):

$$g = (\%pós - \%pré) / (100 - \%pré)$$

Sendo:

g: ganho Hake

%pós: percentual de acertos no pós-teste

%pré: percentual de acertos no pré-teste

Um total de 74 estudantes realizou o pré-teste. Porém, como já foi citado, os índices de evasão altíssimos fizeram com que apenas 64 estudantes estivessem cursando a disciplina no final do trimestre. Dois estudantes não compareceram à aplicação final e outros dois deixaram pelo menos uma página não respondida por esquecimento. Estes quatro alunos foram descartados das análises, restando 60 alunos para avaliar o progresso.

Os resultados dos 60 alunos avaliados seguem na tabela a seguir:

Tabela 1: Dados gerais das aplicações do TUG-K

Percentual de acerto geral	
Pré	12.8%
Pós	18.9%
Média de acertos geral	
Pré	2.7
Pós	4,0
Ganho Hake geral	
0,07	

O ganho de Hake verificado no teste é relativamente pequeno, considerando a própria classificação de Hake como g-baixo, por estar abaixo de 0,3 (HAKE 1998). O aumento de acertos consistiu em pouco mais de uma questão na média de acertos. Porém, uma análise simplista de acertos e erros não dá conta de entender as particularidades desta aplicação da proposta. Os resultados obtidos neste trabalho foram não apenas inferiores, mas diferentes dos resultados de pesquisa encontrados na literatura. Por exemplo, comparando as curvas de erros deste trabalho assim como a metodologia de Agrello e Garg (1999), pode-se ver que o comportamento dos resultados encontrados possui muitas semelhanças com trabalho citado e o de Beichner (1994), mas há questões com comportamentos inesperados, como a 2, a 11, a 14 e a 20, que apresentam erros próximos de 100% e muito acima das tendências em outros estudos. E as questões 3 e 9, que apresentam erros menores do que as tendências permitiam esperar.

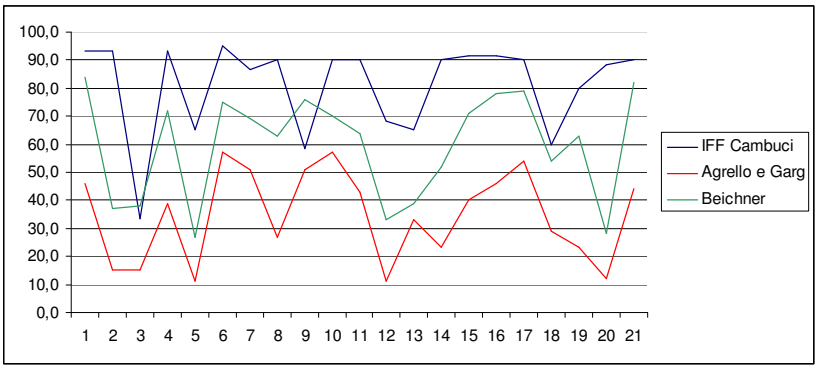


Figura 17: Gráfico de erros nas questões; dados do IFF Cambuci e AGRELLO e GARG (1999)

Em busca de detalhes que possam apontar com mais clareza os méritos e limitações do trabalho, pode-se estender a metodologia aos grupos de questões conforme o objetivo planejado por Beichner (1994). A tabela abaixo apresenta a avaliação de cada grupo de questões:

Tabela 2: Resultados do TUG-K por objetivo

Acertos por objetivo					
Dado:	O estudante deve:	Questões	Pré	Pós	Ganho Hake
1) O gráfico de posição em função do tempo	Determinar a velocidade	5, 13, 17	15.0%	26.7%	0,14
2) O gráfico de velocidade em função do tempo	Determinar a aceleração	2, 6, 7	5.6%	8.3%	0,03
3) O gráfico de velocidade em função do tempo	Determinar o deslocamento	4, 18, 20	13.3%	19.4%	0,07
4) O gráfico de aceleração em função do tempo	Determinar a variação de velocidade	1, 10, 16	17.2%	8.3%	-0,11
5) Um gráfico de cinemática	Selecionar outro gráfico correspondente	11, 14, 15	5.6%	9.4%	0,04
6) Um gráfico de cinemática	Descrever textualmente o movimento	3, 8, 21	12.8%	28.9%	0,18
7) Uma descrição textual do movimento	Selecionar o gráfico correspondente	9, 12, 19	20.0%	31.1%	0,14

Pode-se notar por uma análise da tabela acima que houve um ganho desigual entre as categorias de questões. Os grupos 1, 6 e 7 apresentaram os maiores ganhos relativos, estando acima da média geral do teste. O grupo 3 possui um ganho muito próximo da média e, junto com os grupos 2 e 5, apresentam ganhos relativamente baixos. Há ainda o grupo quatro, que apresenta um ganho negativo. Isto se deve ao número de acertos ter sido menor no pós-teste do que no pré-teste.

Tal organização de dados pode, numa primeira leitura, levar erroneamente a crer que algumas competências foram mais ou menos favorecidas pela metodologia proposta. A análise de cada questão, entretanto, demonstra que há pouca regularidade entre as questões de cada grupo.

IV.1.2 – Análise das respostas a cada questão

A seguir, a segunda etapa da análise quantitativa, analisando as questões agrupadas pelos objetivos propostos por Beichner. Na tabela de cada questão, a alternativa correta está expressa em negrito.

IV.1.2.1 - Objetivo 1:

Dado o gráfico de posição em função do tempo, o estudante deve determinar a velocidade - Questões 5, 13 e 17.

Tabela 3: Questão 5

Questão 5	Pré teste	Pós teste
A	6.7%	6.7%
B	5.0%	3.3%
C	**13.3%**	**35.0%**
D	63.3%	46.7%
E	11.7%	8.3%
Ganho Hake	**0,25**	

Tabela 4: Questão 13

Questão 13	Pré teste	Pós teste
A	33.3%	31.7%
B	31.7%	15.0%
C	10.0%	15.0%
D	**15.0%**	**35.0%**
E	8.3%	3.3%
Ganho Hake	**0,24**	

Tabela 5: Questão 17

Questão 17	Pré teste	Pós teste
A	**16.7%**	**10.0%**
B	5.0%	21.7%
C	8.3%	18.3%
D	36.7%	23.3%
E	33.3%	26.7%
Ganho Hake	**-0,08**	

Neste grupo de questões, espera-se que os respondentes consigam, a partir do gráfico de posição, determinar a velocidade. Sabendo que a velocidade representa a taxa de variação de posição no tempo, a mesma pode ser determinada através do cálculo da inclinação do gráfico de posição.

Na questão 5, há um gráfico de posição em função do tempo com um trecho inicial de reta inclinada e um trecho curvo. Pergunta-se a velocidade no instante t=2s.

5) O gráfico abaixo representa o movimento de um objeto. A velocidade deste objeto no instante de tempo 2 segundos é:

(A) 0,4 m/s
(B) 2,0 m/s
(C) 2,5 m/s
(D) 5,0 m/s
(E) 10,0 m/s

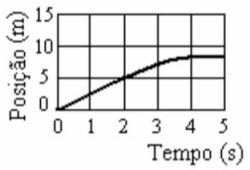


Figura 18: Questão 5 (ARAUJO, 2002).

A resposta correta é a alternativa C, que indica o valor correto da inclinação do gráfico de posição no referido instante. No pré-teste, foi possível notar uma prevalência da alternativa D, que representa o valor numérico diretamente lido no eixo vertical, o que é um erro comum e destacado por Beichner (1994). A questão apresenta um ganho relativo relativamente alto, em comparação com as demais questões, mas há ainda uma prevalência da alternativa incorreta, apesar de ter sido levemente menos escolhida no pós-teste. Este resultado indica a persistência da confusão indicada por Beichner, apesar da leve melhora no desempenho dos alunos.

Na questão 13, apresentam-se cinco gráficos diferentes de posição em função do tempo e pergunta-se qual apresenta maior velocidade em algum instante.

13) Os gráficos de posição *versus* tempo para cinco objetos são mostrados abaixo. Todos os eixos têm a mesma escala. Qual objeto possui a maior velocidade em algum instante no intervalo de 0 a t?

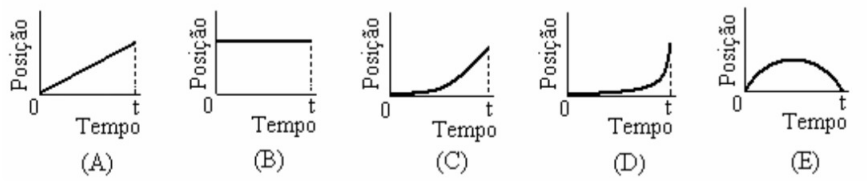
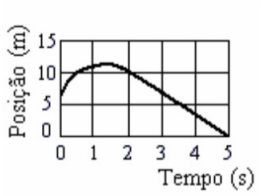


Figura 19: Questão 13 (ARAUJO, 2002).

A alternativa correta é a alternativa D, em que o gráfico apresenta um trecho com inclinação mais alta, mais próxima da vertical. O ganho relativo desta questão é similar ao da anterior. No pré-teste, há destaque para a escolha das alternativas A e B, ambas com pouco mais que o dobro de preferência dos alunos. Estes dois gráficos indicam valores maiores de posição, o que pode ter induzido os alunos a considerá-los como de maior velocidade. No pós-teste, a alternativa correta se tornou a mais escolhida, porém seguida de perto pela alternativa A, cuja preferência quase não se alterou. Como aspecto positivo, pode-se citar a redução da escolha da alternativa B, o que pode indicar uma tendência de compreensão da linha reta horizontal no gráfico de posição por tempo como velocidade nula, sem variação de posição.

A questão 17 se assemelha bastante à questão 5, pois se pede o cálculo da velocidade em um instante, num trecho do gráfico que apresenta um segmento de reta inclinada.

17) O gráfico abaixo representa o movimento de um objeto. A velocidade deste objeto no instante 3 segundos é de aproximadamente:



(A) –3,33 m/s (B) –2,00 m/s (C) –0,67 m/s (D) 5,00 m/s (E) 7,00 m/s

Figura 20: Questão 17 (ARAUJO, 2002).

A alternativa correta é a A, que apresenta o valor da velocidade como a inclinação do segmento de reta entre os instantes 2s e 5s, entre os quais se localiza o instante de interesse.

Esta questão apresenta um desempenho pior no pós-teste do que no pré-teste. O pré-teste, entretanto, apresenta uma tendência maior às alternativas D e E, que poderiam ser escolhidas ao ler diretamente o valor no gráfico, como observado na questão 5. No pós-teste, a distribuição das escolhas dos estudantes é mais eqüitativa entre as alternativas incorretas, indicando um “chute” em que a alternativa correta não foi escolhida na mesma medida. Além disso, a inclinação negativa pode ter prejudicado o entendimento da questão.

IV.1.2.2 - Objetivo 2:

Dado O gráfico de velocidade em função do tempo, o estudante deve determinar a aceleração - Questões 2, 6 e 7.

Tabela 6: Questão 2

Questão 2	Pré teste	Pós teste
A	5.0%	0.0%
B	35.0%	21.7%
C	51.7%	71.7%
D	1.7%	0.0%
E	**5.0%**	**6.7%**
Ganho Hake	**0,02**	

Tabela 7: Questão 6

Questão 6	Pré teste	Pós teste
A	0.0%	40.0%
B	**10.0%**	**5.0%**
C	6.7%	8.3%
D	16.7%	6.7%
E	65.0%	40.0%
Ganho Hake	**-0,06**	

Tabela 8: Questão 7

Questão 7	Pré teste	Pós teste
A	**1.7%**	**13.3%**
B	10.0%	15.0%
C	5.0%	1.7%
D	45.0%	43.3%
E	36.7%	26.7%
Ganho Hake	**0,12**	

O segundo grupo de questões possui desafios semelhantes aos do primeiro. Composto pelas questões em que os alunos deveriam, a partir do gráfico de velocidade em função do tempo, determinar a aceleração. Sendo a aceleração a taxa de variação da velocidade no tempo, a resolução destas questões consiste, novamente, em calcular a inclinação do gráfico de velocidade por tempo.

Na questão 2, a única qualitativa deste grupo, os alunos deveriam selecionar o trecho do gráfico que demonstrasse a aceleração mais negativa.

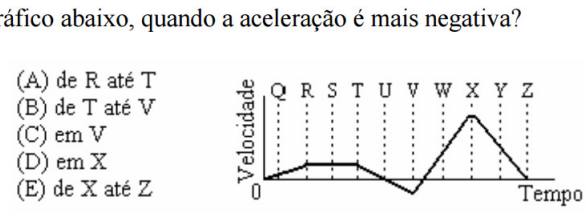


Figura 21: Questão 2 (ARAUJO, 2002).

A alternativa correta é aquela que apresenta o trecho de inclinação mais negativa, que é o trecho de X a Z. Portanto, a alternativa correta é a E. Esta questão, com um ganho baixíssimo, apresenta ainda outro aspecto negativo.

O pré-teste já apresentava uma tendência de escolha da alternativa C. A mesma tendência foi reforçada no pós-teste, indicando a tendência de determinação da aceleração lendo diretamente o valor numérico do gráfico de velocidade. Além disso, a alternativa B, que indica o trecho de redução de velocidade entre T e V, apesar da leve redução no pós-teste, ainda atraiu muito mais a preferência dos alunos do que as alternativas A, D e E. Tal comportamento reforça a dificuldade que os alunos demonstraram em discernir grandezas

cinemáticas e obter informações do gráfico que não sejam diretamente lidas em um dos eixos.

A questão 6 apresenta um gráfico de velocidade e pede o valor numérico da aceleração em certo instante, contido num segmento de reta do gráfico.

6) Este gráfico mostra a velocidade em função do tempo para um carro de massa 1,5 x 10^3 kg. Qual é a aceleração deste carro em t = 90s?

(A) 0,22 m/s²
(B) 0,33 m/s²
(C) 1,00 m/s²
(D) 9,80 m/s²
(E) 20,00 m/s²

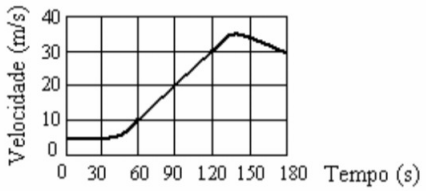


Figura 22: Questão 6 (ARAUJO, 2002).

Assim como as questões do grupo anterior, a resolução da questão consiste em determinar a inclinação do segmento de reta em que está contido o ponto de interesse, de forma a obter o valor da aceleração. Sendo assim, a alternativa correta é a alternativa B. Ainda, há a informação sobre a massa, não necessária para a resolução do problema.

O ganho negativo representa a diminuição na escolha de respostas corretas no pós teste. Além disso, o pré-teste já indicava uma tendência à alternativa E, que contém a leitura do valor no eixo vertical, como nas questões anteriores. Entretanto, houve uma redução no percentual dessa alternativa no pós-teste, ainda que esta permanecesse como a alternativa mais escolhida.

A alternativa E apresenta ainda empate com a alternativa A, que apresenta o valor da ordenada dividida pela abscissa, conforme apontado por Beichner (1994). Este é o único caso, como veremos, em que este erro se apresenta. Tal acontecimento pode ser explicado pela ordem em que se posiciona no teste. A questão se encontra logo depois da questão 5, em que a resposta correta pode ser obtida diretamente pela divisão do valor da ordenada pelo valor da abscissa. Como vemos, a questão 5 teve 35% de acerto no pós-teste. Os alunos podem ter repetido a técnica da questão anterior numa questão em que não se adequava, justificando a preferência dessa alternativa.

A questão 7, semelhante à anterior, solicita o valor da aceleração em um instante específico, a partir do gráfico de velocidade.

7) O movimento de um objeto é representado pelo seguinte gráfico. No instante t = 65s, a magnitude da aceleração instantânea do objeto é mais próxima de:

(A) 1,0 m/s²
(B) 2,0 m/s²
(C) 9,8 m/s²
(D) 30,0 m/s²
(E) 34,0 m/s²

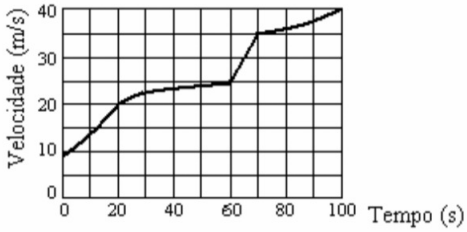


Figura 23: Questão 7 (ARAUJO, 2002).

Diferentemente da questão anterior, o ganho relativo desta questão é um pouco mais alto. Porém, a observação das alternativas erradas revela um padrão semelhante. A alternativa D apresenta o valor numérico igual ao lido no eixo vertical. A alternativa E apresenta um valor semelhante. Ambas, apesar da redução considerável da preferência pela alternativa E, foram as mais escolhidas no pré e pós-teste. Uma vez mais, ao serem solicitados sobre uma grandeza qualquer, os alunos tenderam a ler o valor no gráfico, ainda que se tratasse de um gráfico distinto.

IV.1.2.3 - Objetivo 3:

Dado o gráfico de velocidade em função do tempo, o estudante deve determinar o deslocamento - Questões 4, 18 e 20.

Tabela 9: Questão 4

Questão 4	Pré teste	Pós teste
A	5.0%	5.0%
B	11.7%	36.7%
C	66.7%	40.0%
D	**5.0%**	**6.7%**
E	8.3%	11.7%
Ganho Hake	**0,02**	

Tabela 10: Questão 18

Questão 18	Pré teste	Pós teste
A	18.3%	16.7%
B	**25.0%**	**40.0%**
C	21.7%	31.7%
D	11.7%	6.7%
E	20.0%	1.7%
Ganho Hake	**0,20**	

Tabela 11: Questão 20

Questão 20	Pré teste	Pós teste
A	0.0%	13.3%
B	48.3%	41.7%
C	31.7%	23.3%
D	6.7%	3.3%
E	**10.0%**	**11.7%**
Ganho Hake	**0,02**	

Neste grupo de questões, exige-se que os alunos sejam capazes de determinar o deslocamento em algum intervalo do movimento através do gráfico de velocidade. Para tanto, os alunos devem determinar a área sob a curva do gráfico no intervalo determinado.

Na questão 4, descreve-se o movimento ascendente de um elevador através de informações sobre os andares percorridos, a massa do elevador e o gráfico de velocidade em função do tempo.

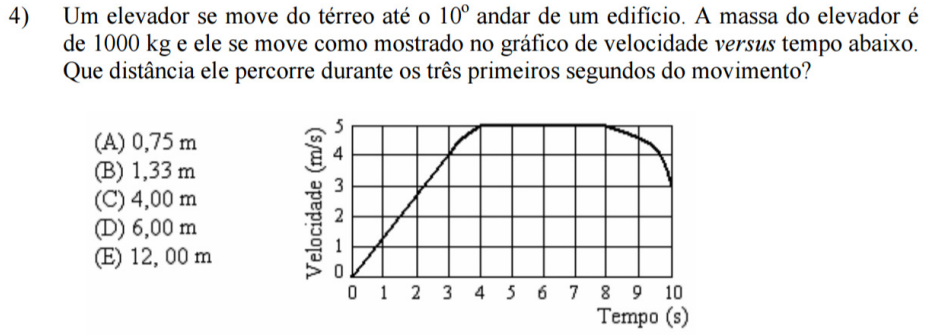


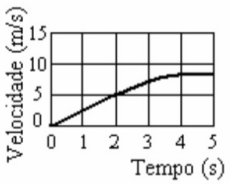
Figura 24: Questão 4 (ARAUJO, 2002).

Para a resolução da questão, é necessário determinar a variação de posição durante os três primeiros segundos, o que equivale a calcular a área sob a curva nos três primeiros segundos, que é a área de um triângulo. Nenhuma outra informação é necessária para a resolução. A alternativa correta é a D, que apresenta o deslocamento de 6m, equivalente ao valor numérico da área estudada.

O ganho, assim como os acertos em ambos os testes, é baixo. A alternativa correta foi selecionada por pouquíssimos respondentes do teste. A alternativa mais escolhida em ambos os testes foi a alternativa C. No pré-teste, a alternativa C foi ainda mais preponderante. O pós-teste demonstrou uma redução da escolha dessa alternativa e um aumento quase equivalente da alternativa B, que apresenta uma resposta equivalente ao valor numérico da inclinação do gráfico no trecho escolhido, indicando a confusão entre as duas técnicas de obter informações do gráfico de velocidade.

Na questão 18, é feita uma pergunta sobre a técnica de resolução do problema. Apresenta-se um gráfico de velocidade em função do tempo e pergunta-se como se pode determinar o deslocamento desse movimento.

18) Se você quisesse saber a distância percorrida (em metros) por um objeto no intervalo de t = 0 s até t = 2s, a partir do gráfico abaixo, você poderia:



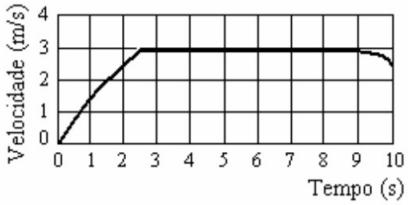
(A) ler 5 diretamente no eixo vertical.
(B) encontrar a área entre o segmento de reta e o eixo do tempo calculando (5x2)/2.
(C) encontrar a inclinação deste segmento de reta dividindo 5 por 2.
(D) encontrar a inclinação deste segmento dividindo 15 por 5.
(E) fazer nada, pois não possui informação suficiente para responder.

Figura 25: Questão 18 (ARAUJO, 2002).

A alternativa correta é a alternativa B, que indica que a área deve ser calculada para a resolução da questão. Esta questão apresentou um ganho relativo acima da média do teste e com a alternativa correta sendo a mais selecionada. Entretanto a alternativa C, que sugere o cálculo da inclinação do trecho selecionado também foi bastante escolhida nas duas aplicações do teste (tendo aumentado sua escolha entre uma e outra). A alternativa D, que sugere o cálculo da inclinação utilizando os extremos do gráfico, foi menos selecionada no pós teste. Tal resultado indica uma melhora no domínio da técnica do cálculo da inclinação, mas o resultado geral indica a persistência da confusão entre o método a ser usado na resolução. Talvez a grande razão da melhora dessa questão em relação às outras do grupo se deva à pergunta direta sobre o método a ser utilizado, o que pode mitigar as confusões.

Na questão 20, muito parecida com a questão 4, pede-se o deslocamento num determinado trecho do movimento, exigindo o cálculo da área sob a curva no trecho selecionado.

20) Um objeto se move de acordo com o gráfico abaixo:



Qual é o seu deslocamento entre t = 4s e t = 8s?

(A) 0,75 m (B) 3,00 m (C) 4,00 m (D) 8,00 m (E) 12,00 m

Figura 26: Questão 20 (ARAUJO, 2002).

A alternativa correta é a alternativa E, que apresenta o valor numericamente igual à área no trecho específico. O aumento da preferência pela alternativa correta é mínimo e, consequentemente, o ganho relativo é baixo. A alternativa mais escolhida nos dois testes é a alternativa B, que indica, assim como na questão 4, o valor numérico diretamente lido no eixo vertical. Há uma redução leve na escolha dessa alternativa, bem como algumas outras e um aumento da alternativa A, que apresenta um valor equivalente à inclinação da curva no início do gráfico.

IV.1.2.4 - Objetivo 4:

Dado o gráfico de aceleração em função do tempo, o estudante deve determinar a variação de velocidade - Questões 1, 10 e 16.

Tabela 12: Questão 1

Questão 1	Pré teste	Pós teste
A	18.3%	10.0%
B	**5.0%**	**6.7%**
C	8.3%	1.7%
D	26.7%	30.0%
E	38.3%	45.0%
Ganho Hake	**0,02**	

Tabela 13: Questão 10

Questão 10	Pré teste	Pós teste
A	**41.7%**	**10.0%**
B	5.0%	6.7%
C	35.0%	66.7%
D	10.0%	11.7%
E	8.3%	5.0%
Ganho Hake	**-0,54**	

Tabela 14: Questão 16

Questão 16	Pré teste	Pós teste
A	1.7%	1.7%
B	20.0%	30.0%
C	65.0%	50.0%
D	**5.0%**	**8.3%**
E	8.3%	8.3%
Ganho Hake	**0,04**	

Este grupo de questões consiste na determinação da variação da velocidade num intervalo específico do movimento através do gráfico de aceleração. Assim como o grupo anterior, a resolução das questões deste grupo exige o cálculo da área sob a curva no trecho de interesse. Cabe acrescentar que, apesar de problema análogo ao que foi visto no

experimento do Carro entrando no IFF Cambuci, não foi realizada nenhuma experiência específica de determinação de variação de velocidade através do gráfico de aceleração, sendo este item presente apenas na revisão.

A questão 1 é apontada por Beichner (1994) e Araújo (2002) como a questão mais difícil do teste, dados os baixos índices médios de acerto. Nesta questão, cinco gráficos de aceleração em função do tempo são apresentados e pergunta-se qual deles apresenta a maior variação de velocidade.

1) Os gráficos da aceleração *versus* tempo para cinco objetos são mostrados abaixo. Todos os eixos têm a mesma escala. Qual objeto sofre maior variação na sua velocidade durante o intervalo de 0 a t?

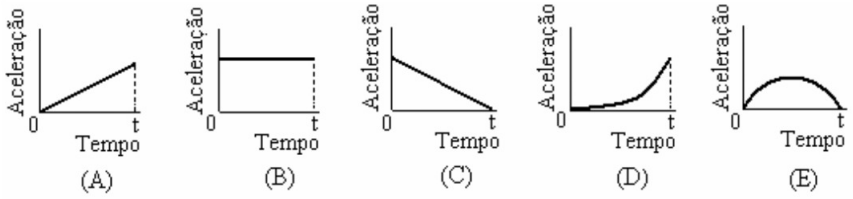


Figura 27: Questão 1 (ARAUJO, 2002).

A resposta correta é a alternativa em que o gráfico apresenta a maior área sob a curva, que é a alternativa B. A alternativa correta teve pequena preferência em ambos os testes e a questão teve um ganho relativo muito pequeno. As alternativas que obtiveram os maiores índices de escolha e os maiores aumentos nos mesmos foram as alternativas D e E.

A alternativa D, que foi a mais escolhida, apresenta a maior inclinação. Possivelmente, tal foi a origem da confusão, pois este é o gráfico que mais "cresce" com o tempo e os alunos podem ter lido essa informação sem se atentar para a grandeza expressa no gráfico.

A alternativa E, diferentemente, não apresenta um crescimento contínuo. Porém apresenta uma parábola, que os alunos só viram em movimentos com aceleração (ainda que nos gráficos de posição em função do tempo). A presença da parábola pode ser a explicação para a preferência dos alunos por esta alternativa incorreta.

Na questão 10, similar à anterior, apresentam-se cinco gráficos de aceleração em função do tempo e pergunta-se sobre sua variação na velocidade. Entretanto, nesse caso, pergunta-se qual deles expressa a menor variação de velocidade.

10) Cinco objetos se movem de acordo com os seguintes gráficos de aceleração *versus* tempo. Qual deles apresenta a menor variação na sua velocidade durante o intervalo de três segundos?

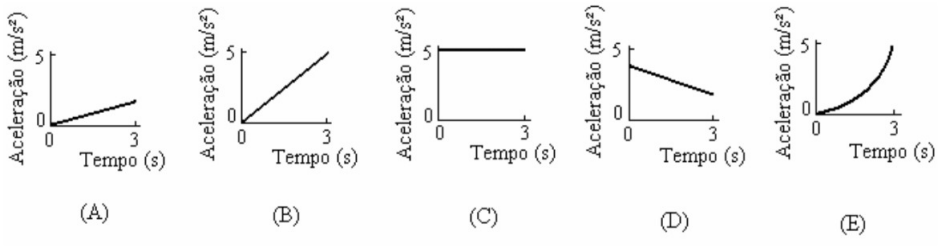


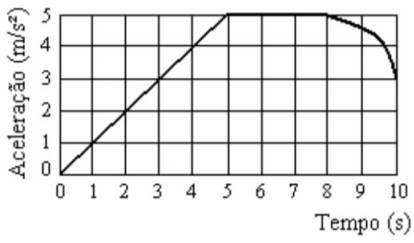
Figura 28: Questão 10 (ARAUJO, 2002).

A alternativa correta é a que apresenta a menor área sob a curva, que é a alternativa A. Esta questão foi uma das mais desastrosas sob diversos aspectos. O ganho relativo foi negativo, o que significa que menos alunos selecionaram a alternativa correta no pós-teste. E a redução foi expressiva, com menos de um quarto de respondentes no pós-teste em relação ao pré-teste.

A alternativa C, que apresenta uma aceleração alta e constante, foi a segunda mais escolhida no pré-teste, a mais escolhida no pós-teste e a que apresentou o maior aumento de preferência. O aumento de preferência dessa alternativa é, inclusive, idêntico à redução de preferência da alternativa correta. As demais alternativas apresentam gráficos de aceleração que aumentam ou diminuem com o tempo. O único gráfico que apresenta uma aceleração constante pode ter sido eleito como o de menor variação, ainda que a pergunta tenha se referido à velocidade.

A questão 16, diferentemente das demais, pergunta sobre o valor numérico da variação de velocidade a partir do gráfico de aceleração em função do tempo.

16) Um objeto move-se de acordo com o gráfico abaixo:



A variação na velocidade do objeto durante os primeiros 3 segundos é de:

(A) 0,7 m/s (B) 1,0 m/s (C) 3,0 m/s (D) 4,5 m/s (E) 9,8 m/s

Figura 29: Questão 16 (ARAUJO, 2002).

A alternativa correta é a D, que apresenta o valor correto da variação de velocidade, que pode ser calculada pela área sob a curva nos três primeiros segundos, a área de um

triângulo de base 3s e altura 3m. O ganho da questão, apesar de ter sido o melhor do grupo, ainda é baixo. Assim como foi baixa a preferência por esta alternativa nos dois testes.

A alternativa mais escolhida nos dois testes foi a alternativa C, que oferece o valor numérico diretamente lido no eixo vertical. Assim como nas demais questões em que se pergunta a grandeza obtida pela área do gráfico, a leitura da grandeza no eixo gráfico foi preponderante no pré-teste e teve leve redução no pós-teste.

Assim como as outras questões similares, há uma alternativa que expressa o valor da inclinação do segmento de reta no trecho selecionado. Assim como nas outras questões, esta alternativa fica em segundo lugar, mas apresenta o maior aumento entre o pré e o pós teste, demonstrando a apropriação inadequada do método de cálculo da inclinação, utilizado em situações inapropriadas.

IV.1.2.5 - Objetivo 5:

Dado um gráfico de cinemática, o estudante deve selecionar outro gráfico correspondente - Questões 11, 14 e 15.

Tabela 15: Questão 11

Questão 11	Pré teste	Pós teste
A	85.0%	65.0%
B	0.0%	5.0%
C	10.0%	13.3%
D	**5.0%**	**10.0%**
E	0.0%	6.7%
Ganho Hake	**0,05**	

Tabela 16: Questão 14

Questão 14	Pré teste	Pós teste
A	78.3%	56.7%
B	**3.3%**	**10.0%**
C	5.0%	23.3%
D	6.7%	10.0%
E	6.7%	0.0%
Ganho Hake	**0,07**	

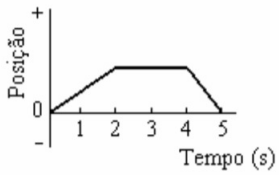
Tabela 17: Questão 15

Questão 15	Pré teste	Pós teste
A	**8.3%**	**8.3%**
B	76.7%	48.3%
C	6.7%	25.0%
D	5.0%	3.3%
E	3.3%	15.0%
Ganho Hake	**0,00**	

Este grupo de questões apresenta um gráfico de cinemática em cada questão e pede que seja relacionado com outros possíveis gráficos de grandezas cinemáticas distintas.

A questão 11 apresenta um gráfico de posição em função do tempo e cinco gráficos de velocidade em função do tempo, questionando qual deles seria o mais adequado para indicar o movimento representado no enunciado.

11) Segue abaixo o gráfico posição *versus* tempo para um objeto durante um intervalo de 5 s.



Qual dos seguintes gráficos de velocidade *versus* tempo melhor representa o movimento do objeto durante o mesmo intervalo de tempo?

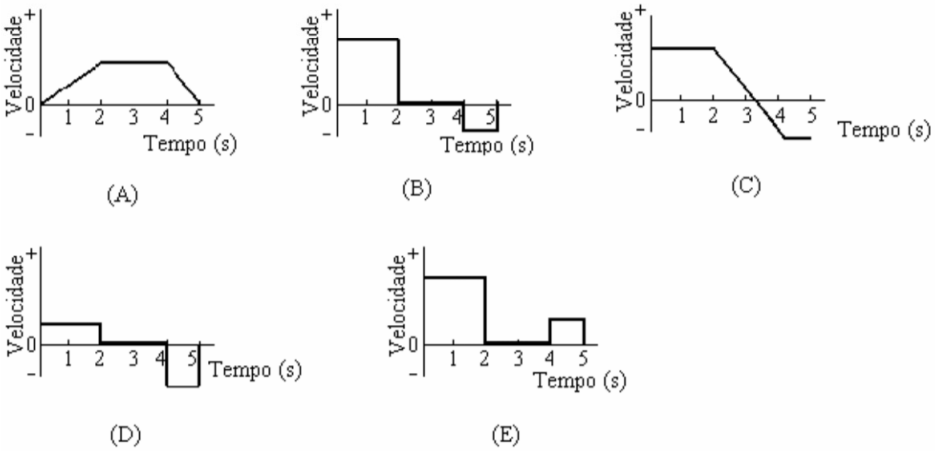


Figura 30: Questão 11 (ARAUJO, 2002).

O gráfico do enunciado demonstra uma posição que aumenta com velocidade constante, permanece num determinado valor e diminui com velocidade constante. O gráfico que melhor demonstra o comportamento desses três momentos e suas velocidades, é o da alternativa D, já que a inclinação correspondente à velocidade positiva é menos acentuada do que o da velocidade negativa.

Esta questão apresenta um ganho baixo. A dificuldade e as sutilezas envolvidas na análise podem ajudar a explicar a baixa preferência da alternativa correta. Além disso, as alternativas erradas podem ajudar a explicar essa baixa preferência.

A alternativa A apresenta um gráfico com a mesma forma do gráfico do enunciado. Não a toa, foi a opção mais escolhida no pré-teste, com um dos maiores índices do teste. No pós-teste, ainda foi a mais escolhida, porém com leve redução. Porém, nenhuma alternativa se destaca com aumento similar a essa redução, o que leva a crer que alguns

alunos sentiram que se tratava de um distrator e aleatoriamente escolheram outras alternativas.

Na questão 14, o enunciado apresenta um gráfico de velocidade em função do tempo com três momentos distintos e pergunta qual dos cinco gráficos de aceleração em função do tempo melhor corresponde a esse comportamento.

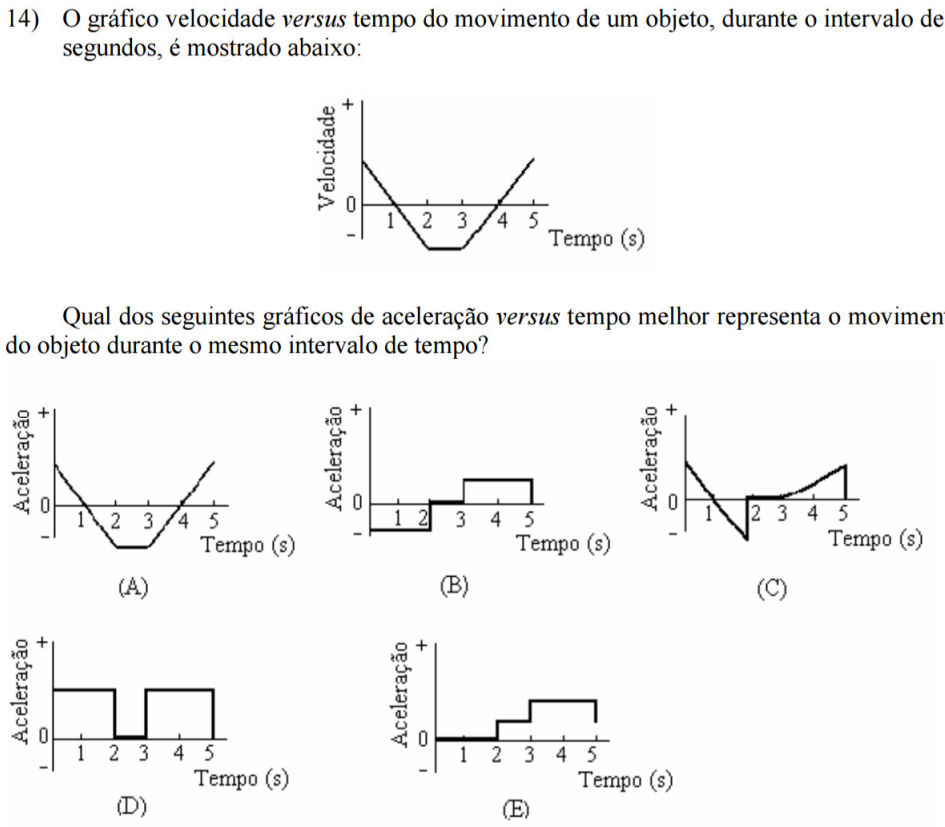


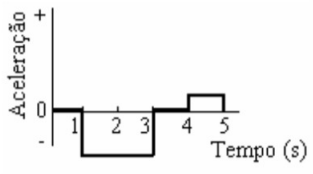
Figura 31: Questão 14 (ARAUJO, 2002).

A alternativa correta B apresenta três momentos distintos da aceleração, um com aceleração negativa, uma aceleração nula e uma positiva de igual módulo ao do primeiro momento. Assim como a questão anterior, essa conclusão não foi da preferência dos alunos, resultando num ganho baixo (apesar de ser o mais próximo da média do teste nesse grupo) e baixos índices de resposta nos dois testes.

Uma vez mais, a alternativa que apresentava o gráfico mais parecido visualmente com o do enunciado foi o mais selecionado. Expressivamente no pré-teste, levemente menor no pós-teste, a alternativa A liderou essa questão. Aqui, entretanto uma alternativa parece ter atraído a preferência perdida pela alternativa A, que foi a alternativa C. Com a forma mais distinta do gráfico do enunciado, o gráfico pode ter sido escolhido por apresentar parábolas (que os alunos associam à aceleração a despeito de qualquer outro critério) bem como a tendência a fugir das "pegadinhas" no pós-teste.

Na questão 15, somos apresentados a um gráfico de aceleração em função do tempo no enunciado com quatro momentos distintos e somos perguntados qual o gráfico de velocidade corresponde ao de aceleração.

15) Abaixo temos o gráfico da aceleração de um objeto durante um intervalo de tempo de 5 segundos.



Qual dos seguintes gráficos de velocidade *versus* tempo melhor representa o movimento do objeto durante o mesmo intervalo de tempo?

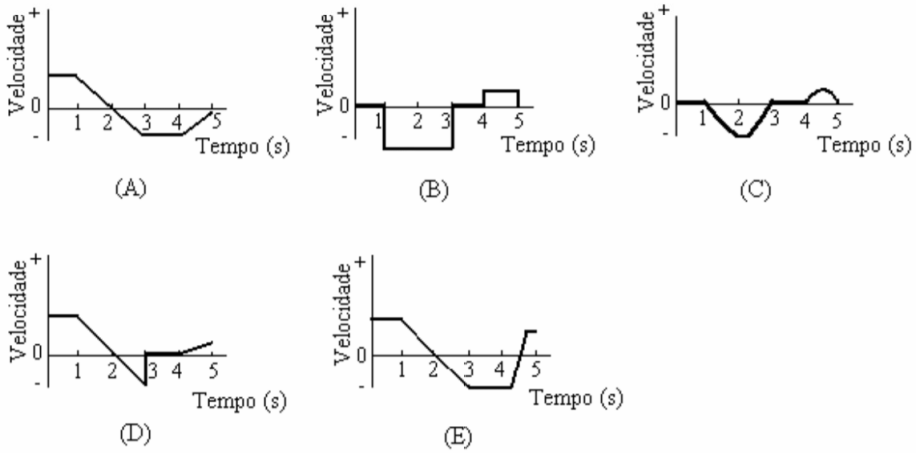


Figura 32: Questão 15 (ARAUJO, 2002).

Duas alternativas expressam a velocidade constante, sua redução, sua constância novamente e o aumento. Porém, apenas a resposta correta, a alternativa A, apresenta as variações mais próximas dos módulos de aceleração do gráfico do enunciado. Além do mais, a alternativa E apresenta um curto momento de velocidade constante, que não se justifica pelo enunciado.

A preferência pela alternativa correta foi baixa nos dois testes foi baixa e não se alterou entre uma aplicação e outra. Uma vez mais, a alternativa visualmente idêntica foi a mais escolhida em ambos, expressivamente no primeiro e menor no segundo, com a maior redução nas três questões desse gráfico. Duas alternativas parecem ter atraído a preferência perdida dessa alternativa.

A alternativa C foi a que teve o maior aumento entre os dois testes. Uma vez mais, a forma diferenciada e a presença de parábolas podem ter atraído a preferência dos alunos, assim como na questão anterior. Tanto a fuga das possíveis "pegadinhas" como a associação de parábolas à presença de aceleração.

A alternativa E, próxima do comportamento correto, porém inadequada, como explicado, teve um aumento razoável na escolha, ultrapassando a alternativa correta no pós-teste. O final do gráfico de velocidade, que termina positiva assim como o gráfico de aceleração, pode explicar porque essa alternativa atraiu mais a preferência dos estudantes do que a alternativa correta, similar.

IV.1.2.6 - Objetivo 6:

Dado um gráfico de cinemática, o estudante deve descrever textualmente o movimento - Questões 3, 8 e 21.

Tabela 18: Questão 3

Questão 3	Pré teste	Pós teste
A	13.3%	18.3%
B	1.7%	0.0%
C	20.0%	13.3%
D	**25.0%**	**66.7%**
E	40.0%	0.0%
Ganho Hake	**0,56**	

Tabela 19: Questão 8

Questão 8	Pré teste	Pós teste
A	28.3%	26.7%
B	10.0%	8.3%
C	18.3%	28.3%
D	**0.0%**	**10.0%**
E	43.3%	25.0%
Ganho Hake	**0,10**	

Tabela 20: Questão 21

Questão 21	Pré teste	Pós teste
A	**13.3%**	**10.0%**
B	65.0%	80.0%
C	13.3%	5.0%
D	3.3%	5.0%
E	5.0%	0.0%
Ganho Hake	**-0,04**	

Este grupo de questões pede que os alunos saibam interpretar os gráficos a partir de descrições textuais, isto é, que consigam associar o gráfico abstrato com a ideia concreta do movimento, interpretando corretamente o comportamento das grandezas expressas no gráfico.

A questão 3 apresenta um gráfico de posição em função do tempo em que a posição parte da origem e aumenta em taxa constante no tempo, indicando a velocidade constante e positiva.

3) O gráfico à direita representa o movimento de um objeto. Qual das sentenças é a melhor interpretação desse movimento?

(A) O objeto está se movendo com aceleração constante e diferente de zero.
(B) O objeto não se move.
(C) O objeto está se movendo com uma velocidade que aumenta uniformemente.
(D) O objeto está se movendo com velocidade constante.
(E) O objeto está se movendo com uma aceleração que aumenta uniformemente.

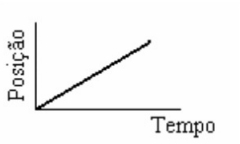


Figura 33: Questão 3 (ARAUJO, 2002).

A alternativa que descreve, sucintamente, esse comportamento é a alternativa D, que indica o movimento com velocidade constante. Essa questão apresentou um dos maiores ganhos relativos de todo o teste.

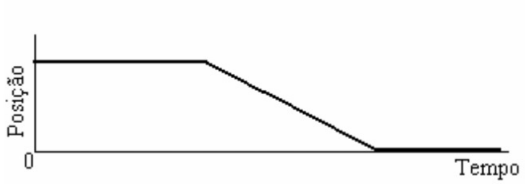
No pré-teste, três alternativas concentraram as opções dos alunos. A alternativa correta fica em segundo lugar, perdendo para a alternativa E, sobre a aceleração aumentando. Em terceiro lugar, a alternativa C, que indica que a velocidade aumenta. A expectativa de que algo aumenta estava clara no pré-teste e a aceleração é constantemente associada ao movimento, talvez por associação à aceleração de veículos "pra andar mais".

Felizmente, nesse caso, a simplicidade da questão favoreceu o entendimento dos alunos o que pode ter feito com que dois terços dos alunos selecionassem a alternativa correta no pré-teste e nenhum selecionasse a alternativa E, desassociando a aceleração ao gráfico de posição representado por uma reta inclinada.

Além de ser o caso mais estudado nas atividades com o *Tracker*, outro fator pode ter explicado o sucesso dessa questão. A ausência de parábolas pode ter facilitado a desassociação com o conceito de aceleração, relação indicada pelas demais questões com tema semelhante.

Na questão 8, há um gráfico de posição em função do tempo com três momentos distintos. A posição constante no início, uma redução na posição com velocidade constante e a posição novamente constante na origem.

8) O gráfico abaixo descreve o movimento de um objeto. Qual sentença representa uma interpretação correta desse movimento?



(A) O objeto rola ao longo de uma superfície plana. Então, ele desce um plano inclinado e finalmente pára.
(B) O objeto inicialmente não se move. Então, ele desce um plano inclinado e finalmente pára.
(C) O objeto está se movendo com velocidade constante. Então, ele diminui sua velocidade e pára.
(D) O objeto inicialmente não se move. Então, ele se move e finalmente pára.
(E) O objeto se move ao longo de uma área plana, movendo-se para trás na descida de um plano inclinado, e então, continua se movendo.

Figura 34: Questão 8 (ARAUJO, 2002).

A alternativa correta é a D, que descreve sucintamente o movimento expresso pelo gráfico. Suposições como a da alternativa B, em que o objeto desce um plano inclinado, são exageradas devido à falta de informações do enunciado, por exemplo como o referencial foi estabelecido.

O ganho relativo é mais alto do que a média do teste. Entretanto, não foi a alternativa mais escolhida em nenhuma das aplicações do teste. No pré-teste, a alternativa E concentrou as opções dos alunos. Talvez por afirmar o movimento em dois planos, tenha sido mais próxima da imagem mental que os alunos fizeram do gráfico como fotografia do movimento.

No pós-teste, três questões concentram a preferência dos alunos. A alternativa A, segunda mais escolhida nos dois testes e com pouquíssima redução entre os dois, apresenta a descida por um plano inclinado, assim como a alternativa E. O percentual bastante próximo das duas questões indica a percepção dos alunos de uma descida no plano. A alternativa B, que indica a descida também, afirma, corretamente, que o objeto está parado no início e no fim. Tal afirmação parece não ter atraído os estudantes para esta alternativa.

A alternativa C, não cita imagens do movimento, mas descreve o gráfico como se fosse um gráfico de velocidade. Tal descrição foi a mais escolhida no pós-teste e a que apresentou o maior aumento entre as duas aplicações. Assim, há uma tendência dos alunos a confundir, uma vez mais, as variáveis cinemáticas expressas no gráfico. Até porque, a descrição estaria adequada ao gráfico se o mesmo fosse de velocidade.

A questão 21 mostra um gráfico de velocidade em função do tempo em que a velocidade diminui em taxa constante com o tempo, ou seja, com aceleração constante e negativa.

21) O gráfico à direita representa o movimento de um objeto. Qual das sentenças é a melhor interpretação desse movimento?

(A) O objeto se move com uma aceleração constante.
(B) O objeto se move com uma aceleração que diminui uniformemente.
(C) O objeto se move com uma velocidade que aumenta uniformemente.
(D) O objeto se move com velocidade constante.
(E) O objeto não se move.

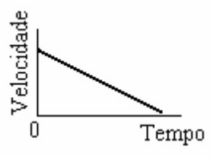


Figura 35: Questão 21 (ARAUJO, 2002).

A alternativa que expressa a aceleração constante é a alternativa A, a alternativa correta. Com um ganho negativo, essa questão apresenta mais um desempenho desastroso. A alternativa correta foi menos escolhida no segundo teste e nota-se uma concentração intensa de uma das alternativas incorretas.

A alternativa B, mais escolhida nos dois testes e com o maior aumento nessa questão, afirma que a aceleração diminui uniformemente com o tempo. Uma vez mais, há uma confusão das variáveis cinemáticas, pois a descrição estaria correta se o gráfico expressasse aceleração ao invés da velocidade. Além do mais, a associação da aceleração com o movimento em si, como um veículo em que se deixa de acelerar e a velocidade diminui, pode ter contribuído para a alta escolha da questão.

IV.1.2.7 - Objetivo 7:

Dada uma descrição textual do movimento, o estudante deve selecionar o gráfico correspondente - Questões 9, 12 e 19.

Tabela 21: Questão 9

Questão 9	Pré teste	Pós teste
A	3.3%	6.7%
B	53.3%	48.3%
C	1.7%	1.7%
D	5.0%	1.7%
E	**35.0%**	**41.7%**
Ganho Hake	**0,10**	

Tabela 22: Questão 12

Questão 12	Pré teste	Pós teste
A	58.3%	51.7%
B	**16.7%**	**31.7%**
C	5.0%	10.0%
D	1.7%	0.0%
E	18.3%	6.7%
Ganho Hake	**0,18**	

Tabela 23: Questão 19

Questão 19	Pré teste	Pós teste
A	43.3%	28.3%
B	8.3%	8.3%
C	**8.3%**	**20.0%**
D	11.7%	3.3%
E	28.3%	40.0%
Ganho Hake	**0,13**	

Este grupo de questões tem o objetivo inverso do grupo anterior, mas igualmente testa a relação que os alunos sabem fazer entre o movimento concreto e o gráfico abstrato. Aqui, uma descrição do movimento é fornecida e cinco gráficos são apresentados como possíveis para a descrição do enunciado.

Na questão 9, discute-se um movimento em dois momentos, um com aceleração constante e outro com velocidade constante. Para a comparação, as alternativas são cinco gráficos de posição em função do tempo.

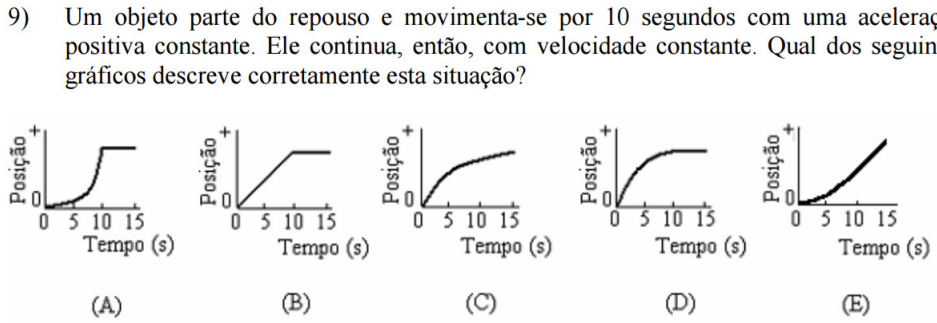


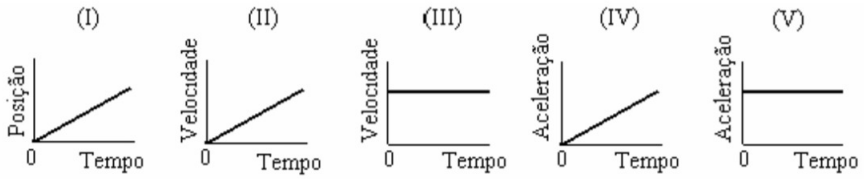
Figura 36: Questão 9 (ARAUJO, 2002).

O gráfico de posição em função do tempo assume a forma de parábola quando a aceleração é constante e a forma de reta inclinada quando a velocidade é constante. Como a aceleração é positiva, a parábola deve ser com a concavidade para cima. A alternativa que apresenta os dois momentos adequadamente e com a continuidade certa entre os dois é a alternativa E. A referida alternativa foi a segunda mais escolhida nos dois testes e demonstrou ganho relativo acima da média do teste.

A alternativa mais escolhida, entretanto, foi a alternativa B. Apresentando leve redução no segundo teste, a alternativa mostra uma reta inclinada no primeiro momento e uma reta horizontal no segundo. Tal descrição estaria adequada se o gráfico expressasse a velocidade ao invés da posição. Uma vez mais, a grandeza expressa no eixo vertical não foi bem observada pelos alunos ao comparar a descrição do movimento com o gráfico, apesar da melhora no acerto da questão.

A questão 12 mostra cinco gráficos, misturados entre posição, velocidade e aceleração em função do tempo. O enunciado questiona quais destes expressam movimentos com velocidades constantes.

12) Considere os gráficos seguintes observando que o eixo das ordenadas pode representar diferentes grandezas:



Qual(is) destes gráficos representa(m) um movimento com velocidade constante?

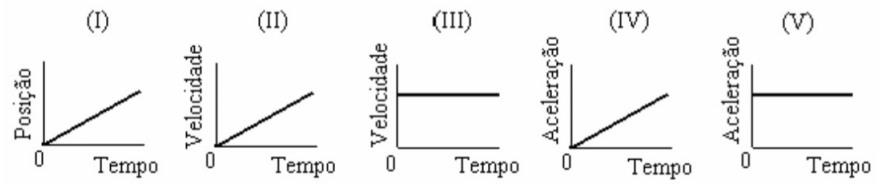
(A) I, II e IV
(B) I e III
(C) II e V
(D) Somente IV
(E) Somente V

Figura 37: Questão 12 (ARAUJO, 2002).

Os gráficos I e III apresentam, cada um a seu modo, movimentos com velocidades constantes. Sendo assim, a alternativa correta é a alternativa B. Esta questão, que tem o maior ganho relativo do grupo, guarda uma semelhança com a questão anterior. Contudo, a alternativa mais escolhida entre os dois testes, que foi a alternativa A, não é a alternativa correta. A alternativa A inclui o gráfico II como sendo de velocidade constante. A forma deste é idêntica à do gráfico anterior, de posição. Apesar da leve redução, há uma persistência na reta inclinada como gráfico de velocidade constante.

A questão 19 apresenta os mesmos gráficos e alternativas da questão anterior, apenas perguntando sobre qual deles expressa aceleração constante.

19) Considere os gráficos seguintes observando que o eixo das ordenadas pode representar diferentes grandezas:



Qual(is) deles representa(m) um movimento com aceleração constante diferente de zero?

(A) I, II e IV
(B) I e III
(C) II e V
(D) Somente IV
(E) Somente V

Figura 38: Questão 19 (ARAUJO, 2002).

O gráfico II apresenta aceleração constante e não velocidade constante, assim como os alunos responderam na questão anterior. Além desse, o gráfico V, de aceleração em função do tempo com uma linha reta horizontal apresenta a mesma informação. Sendo assim, a alternativa correta é a C. Assim como a questão anterior, houve melhora acima da média do teste, mas a mesma não foi a mais escolhida pelos estudantes,

A alternativa A foi a mais escolhida no pré teste e segunda mais escolhida no pós-teste, indicando que a conclusão da questão anterior foi a mesma nesta questão para muitos alunos. Não foi feita distinção entre velocidade e aceleração para mais de um quarto dos alunos, que repetiu que os três primeiros gráficos indicavam o comportamento questionado.

A segunda alternativa mais escolhida no pré-teste e mais escolhida no pós-teste, a alternativa E, indica que apenas o gráfico V apresenta aceleração constante. Apesar do evidente progresso de os alunos considerarem mais o gráfico de aceleração no segundo teste, há uma persistência em considerar o gráfico de reta inclinada como de velocidade constante, já que foi incluído no mesmo conjunto dos gráficos I e III.

IV.1.3 - Síntese da análise quantitativa

Como vimos, a análise pormenorizada das respostas dadas ao teste indicam carências de compreensão dos estudantes após a aplicação da metodologia. A confusão entre as variáveis cinemáticas, patente especialmente na comparação entre gráficos diversos, leva a crer que algumas grandezas não adquiriram suficiente sentido entre os alunos. Além das confusões comuns, que foram mitigadas, percebe-se que muitos estudantes ainda enxergam gráficos não como representações esquemáticas de grandezas associadas, mas figuras, ou imagens, cuja forma é característica de determinados

movimentos (parábola para MRUV e reta inclinada para MRU, independentemente de qual grandeza esteja representada no gráfico).

A confusão entre área e inclinação demonstrou ser um desafio maior do que o esperado no planejamento. Apesar de uma atividade que objetivava ajudar os alunos a construir o significado da área sob o gráfico e de uma revisão e exercícios sobre o tema, os alunos tenderam a calcular a inclinação em situações em que a área seria o caminho para a resposta. A única grande exceção foi a pergunta direta sobre o método de resolução do problema, levando a crer que os alunos tinham a resposta decorada, mas não sabiam aplicá-la em um problema que não os orientasse nesse sentido.

A tendência a ler o valor diretamente na ordenada do gráfico se mostrou uma tendência na análise do teste. Ao todo, nove questões apresentavam como alternativa, uma informação que poderia ser lida diretamente no eixo vertical. Em apenas uma delas, a questão 18, os alunos tenderam, em maior número, à resposta correta. Nas demais, sempre que a questão exibia o resultado da ordenada como alternativa, essa era a alternativa mais selecionada entre os alunos, seja para respostas que precisassem de inclinação ou área.

A questão 18, única exceção, apresenta uma pergunta explícita sobre o método de obtenção de resposta, o que deve ter contribuído para o seu sucesso (o índice de acerto subiu de 25% para 40% entre as duas aplicações do teste). Chama a atenção, ainda, por ser uma questão em que o deslocamento é pedido a partir de um gráfico de velocidade, algo que só foi trabalhado na aula de revisão. Além de indicar uma memorização inadequada dos alunos, o acerto dessa questão indica a dificuldade de alunos compreenderem o método de resolução da questão, a menos que seja perguntado explicitamente sobre o mesmo. Talvez, os resultados fossem diferentes se as questões fossem agrupadas por método de resolução. Neste caso, entretanto, a capacidade de resolução de questões por parte dos alunos seria artificialmente maior, pois essa dificuldade seria ocultada pela disposição das questões.

Os objetivos 3 e 4, que envolviam cálculos de áreas, foram particularmente problemáticos. À exceção da questão 18, acima citada, o objetivo 3 apresentou ganhos baixíssimos. O ganho relativo desse grupo só não se mostrou o mais baixo devido às particularidades na redação dessa questão, como discutido acima e ao desempenho observado no objetivo 4.

No objetivo 4, em que os estudantes deveriam determinar a variação de velocidade a partir do gráfico de aceleração, os ganhos foram próximos dos ganhos do objetivo anterior, exceto pela questão com o pior ganho de Hake em todo o teste, a questão 10 (-0,54). Nessa questão, os alunos deveriam responder qual a menor variação na velocidade. A maioria

selecionou a alternativa que apresentava um gráfico de aceleração como uma linha horizontal. Ou seja, parece que buscaram a menor variação do gráfico, a despeito da grandeza representada não ser a mesma da pergunta formulada.

As confusões encontradas levam a crer que os estudantes tiverem imensas dificuldades de compreender que há distintos gráficos e que representam variadas grandezas. Algumas formas e técnicas foram decoradas e essa memorização comprometeu o acerto de muitas questões, uma vez que a correta identificação do gráfico era uma das competências exigidas pelo teste. Não surpreende que o objetivo 5, selecionar um gráfico de cinemática a partir de um gráfico de outra grandeza, tenha tido o segundo pior ganho do teste.

Algumas confusões apontadas por Beichner (1994) foram mais raras. O cálculo da inclinação que não passa pela origem, exceto por uma das questões, não demonstrou ser um problema. Como foi discutido, tal erro pode ter sido devido à ordem das questões. Entretanto, em muitas questões o cálculo não foi sequer tentado, o que pode explicar a ausência desta confusão indicando, porém, uma carência ainda pior.

Como dito acima, alguns comportamentos foram apreendidos pelos alunos, ainda que tenham sido utilizados em contextos inadequados. O comportamento dos gráficos de posição foram bem percebidos. Talvez, uma sequência que baseasse o estudo apenas de um dos gráficos, ou ficasse mais tempo nos gráficos de posição antes de introduzir os demais, pudesse causar menos associações incorretas e deixaria o comportamento dos gráficos de posição mais claros.

IV.1.4 - Possíveis causas

A escassez de tempos de aula pode ter contribuído para tal desempenho. A maior parte das aulas ocorria dentro do laboratório, com pouco tempo para introduções ou sínteses teóricas. O próprio conceito de aceleração e sua distinção da velocidade, com a qual é constantemente confundido, foram discutidos brevemente nas duas aulas introdutórias. Em condições ideais, com mais tempos de aula disponíveis, se poderia pensar em alternâncias entre aulas teóricas e práticas a fim de sedimentar conceitos percebidos na manipulação do *software* e videoanálise. A inclusão das atividades como aulas extras, paralelas ao trimestre regular, poderia ter trazido resultados mais promissores. Além disso, os estudantes tiveram pouco tempo de revisão e apenas um dia com exercícios para casa. Dada a dificuldade do tema estudado, os exercícios poderiam ter proporcionado uma melhora essencial na fixação dos conteúdos.

A baixa maturidade dos alunos e o conteúdo desconhecido também devem ser levados em conta. Uma vez que o trabalho apresentado não foi eficaz em apresentar, por si

só, conceitos como velocidade e aceleração, as relações destes com funções temporais e a representação de medidas em gráficos, a aplicação da sequência em momento posterior poderia permitir que os alunos conhecessem os fenômenos com mais familiaridade, além de possuírem mais recursos relacionados à postura e dedicação às dificuldades escolares.

A relação com a informática básica é considerável. Muitos alunos demonstraram dificuldades em operações simples, como fazer *login* nos computadores, abrir programas, carregar arquivos e navegar por pastas. Tais dificuldades podem ter tomado muito da atenção dos mesmos durante o processo. Somando às dificuldades de estrutura física, com a sala de aula apertada, os poucos computadores disponíveis simultaneamente e os grupos maiores do que o desejado podem ter criado uma atmosfera onde a imersão na atividade e nos conteúdos abordados foi prejudicada.

A forma como as atividades foram estruturadas não incluiu espaço para manipulação do software. Tal decisão se baseou em experiências anteriores na mesma instituição, em turmas distintas. Entretanto, sendo as opções dos alunos extremamente limitadas, restando ao grupo marcar as posições dos objetos nos vídeos, a videoanálise aproxima-se de assistir uma simulação. Conforme Beichner (1990), a simples observação de um fenômeno simultaneamente ao traçado do gráfico não traz melhoras significativas em relação ao laboratório tradicional. Uma nova aplicação das atividades, ou sua reformulação deveria levar em conta o trabalho ativo dos estudantes o que, segundo Beichner (1990), é o que garante as melhoras significativas nas atividades experimentais.

Como discutido na síntese acima, a presença de gráficos variados demonstrou ser um problema maior do que o esperado. Os alunos conseguiram se lembrar, por exemplo das formas que deveriam possuir os gráficos de posição, porém transportaram esses comportamentos (reta para velocidade constante e parábola para aceleração constante) para gráficos de grandezas diversas. Um estudo mais focado em gráficos de posição poderia ter favorecido a aprendizagem desses comportamentos, bem como diminuído as confusões observadas.

Por fim, cabe ressaltar a dificuldade do instrumento de análise. Como destacado anteriormente, muitos trabalhos que se utilizam do TUG-K como validador, são executados no ensino superior. A dificuldade do teste faz com que muitos alunos respondam questões sem certeza, o que aumenta a tendência à aleatoriedade das respostas, além dos "chutes", cujo perigo é potencializado em um teste baseado nas confusões comuns feitas por estudantes nesses conteúdos. Porém, apesar dessa tendência à aleatoriedade das respostas, a análise quantitativa permitiu evidenciar algumas confusões através da análise

detalhada das tendências de respostas, algo que não seria possível numa análise simplista de índices de acertos e de erros.

IV.2 – Análise Qualitativa

Esta análise consiste na observação das atividades e aulas da sequência didática, destacando aspectos de interesse. Também foram observados os registros nas fichas de atividades dos alunos que indicassem progressos de aprendizagem ou falhas metodológicas do trabalho proposto. Foi incluída, ainda, uma avaliação de uma atividade de recuperação trimestral que consistiu na análise de movimento com o *Tracker*. A presente análise será dividida em cada aula.

IV.2.1 – Experimento "Velocidade e Aceleração"

Esta aula não produziu registros escritos para o professor, apesar de permitir aos alunos levar a ficha de questões com a resolução consigo. Temas como a posição e a velocidade foram discutidos coletivamente. O uso de imagens simulando fotografias estroboscópicas se mostrou fortuito, visto que os alunos eram capazes de indicar com mais facilidade, nas aulas posteriores, a ocorrência de velocidade constante ou de aceleração não-nula a partir da comparação entre as distâncias percorridas por um objeto em instantes sucessivos. O conceito de aceleração foi introduzido nessa aula, gerando dúvidas que foram, aparentemente, bem respondidas. As aulas posteriores, entretanto, demonstraram a persistente confusão entre os conceitos de velocidade e aceleração.

IV.2.2 – Experimento "Gráficos"

A aula teve como objetivo apresentar aos alunos os gráficos de posição e velocidade em quatro situações distintas. Duas com velocidades constantes e duas com acelerações constantes. Traçar os gráficos se mostrou desafiador para a maioria, que apresentou dificuldade com os princípios do plano cartesiano. Além disso, demonstraram as primeiras confusões ao não distinguir que valores deveriam ser marcados em cada gráfico, normalmente marcando valores de posição no gráfico de velocidade. Novamente, a ficha dessa aula não foi devolvida ao professor, sendo os alunos orientados a mantê-la para consulta em aulas posteriores, o que foi feito em raríssimas ocasiões.

IV.2.3 – Experimento "Moto na estrada"

Como primeiro experimento utilizando o *Tracker*, a atividade teve o objetivo de guiar os estudantes no domínio dos recursos disponíveis e das ferramentas de análise. Para tanto, os alunos foram guiados no passo a passo da atividade pelo professor, que orientou a transcrição e respostas a cada item. Apesar desta estreita supervisão, a redação das respostas ficou a cargo dos próprios alunos, o que deixou transparecer algumas confusões.

Quase a totalidade dos alunos, incluindo os alunos repetentes que já haviam sido apresentados às representações do movimento que foram pedidas, apresentou dificuldade na transcrição dos gráficos da tela para o papel. Demonstraram uma falta de rigor na marcação dos pontos, eixos e valores. Muitos apenas traçaram uma diagonal no quadrado reservado ao gráfico e marcaram pontos aleatoriamente sobre a mesma sem qualquer relação com o observado na tela do *Tracker*. Não representaram qualquer grandeza nos eixos, quando os desenhavam em suas fichas. Este aparente desleixo, entretanto, pode ter outros motivos.

As perguntas 3 e 6, que pediam que os alunos respondessem sobre a variação ou constância da velocidade observando, respectivamente, a régua e o gráfico, apresentaram respostas idênticas em muitos dos casos. A resposta mais comum, que seria válida para a primeira das duas questões, foi *"A velocidade é constante porque a distância entre os pontos é sempre a mesma"*. Considerando que as posições marcadas na régua se originam de uma sucessão de quadros consecutivos, a resposta está correta para a questão 3, mas não para a 6.

Ao observar os gráficos marcados, muitos dos quais uma linha reta com pontos marcados arbitrariamente, pode-se ver que muitos tem pontos equidistantes. Tal comportamento seria normal em um movimento perfeito, simulado num computador, mas não num movimento real, com as flutuações características que a realidade nos apresenta.

Esta forma de transcrever o que viam do *software* para o papel, junto com as respostas similares nas duas questões, indica que os estudantes fizeram uma associação direta entre a reta na imagem do vídeo com a reta vista no gráfico. Em outras palavras, parecem ter entendido que o desenho constante no gráfico não era uma sucessão de pontos correspondendo às coordenadas de posição e tempo de um objeto, mas uma espécie de "imagem estroboscópica inclinada". A associação de representações pode tê-los confundido nesse sentido.

Aqueles que foram capazes de entender que uma grandeza estava sendo representada contra o tempo, por vezes cometeram outros equívocos. Por exemplo, muitos responderam que a velocidade aumentava, pois o gráfico "subia", dando a entender que viam o comportamento da velocidade e não da posição no gráfico. Todos que responderam que a velocidade aumentava ao olharem o gráfico, responderam que a mesma seria constante ao olhar para a régua ou para as posições sucessivas igualmente espaçadas.

Alguns ainda responderam, simplesmente, que a velocidade era constante, pois não variava. A ausência de maiores detalhes não permitiu avaliar se foi uma falha na expressão dos resultados, ou um não entendimento da pergunta.

Sobre o cálculo do valor da velocidade, muitos não conheciam a fórmula de cálculo da velocidade média. Com a intervenção do professor junto aos grupos, os alunos conseguiram aplicar as fórmulas e determinar valores adequados para a velocidade, bem como representar as unidades adequadamente.

Houve um atraso na correção das fichas deste experimento, o que pode ter favorecido a repetição de vários desses equívocos no experimento seguinte, pela ausência de retorno do professor sobre os erros cometidos.

IV.2.4 – Experimento "Trilho de ar horizontal"

Nesta aula, a videoanálise era essencialmente idêntica à anterior, modificando-se apenas o sentido do movimento e a distância entre os alunos e o objeto, já que nenhum deles jamais havia visto um trilho de ar. Entretanto, não lhes foi dada orientação prévia sobre o que fazer. Eles receberam seus roteiros, recolheram seus materiais e puseram-se a analisar o movimento no *Tracker*.

Muito do que foi observado na aula anterior foi repetido nesta. Problemas na marcação dos gráficos (não representação dos eixos ou ausência das grandezas que representam), confusão entre gráfico de posição e velocidade, pontos do gráfico como pontos na régua, "velocidade não varia porque é constante". As respostas mais aproximadas do esperado foram de grupos que copiaram, literalmente, observações do professor. Por exemplo, grupos que responderam que "o gráfico dá uma reta, pois há uma proporcionalidade entre posição e tempo, o que indica velocidade constante".

Essa repetição de erros reforça a hipótese de que alunos apenas retrataram e interpretaram seus gráficos sem entendê-los como funções de movimento. A não apresentação das funções em sala de aula pode ter contribuído para este problema. Como foi discutido, todo o trimestre em que esta sequência ocorreu se deu antes da abordagem de gráficos de funções na disciplina de matemática e a menção às funções foi muito breve nas aulas de Física.

O cálculo do valor da velocidade, assim como na aula anterior, foi conseguido com a ajuda do professor. Porém, devido à aula anterior, muitos alunos conseguiram executar os cálculos com maior facilidade.

IV.2.5 – Experimento "Gota de água no óleo"

A terceira atividade com utilização de videoanálise pressupunha um domínio mínimo da operação do *Tracker* e foi responsável por introduzir um novo elemento na dinâmica das

aulas, que foi o método P.O.E. Os alunos foram apresentados a um problema, a representação do movimento de uma gota de água descendo em velocidade constante em uma garrafa cheia de óleo. Em seguida, foram ao laboratório de informática analisar o movimento registrado em vídeo.

Na ficha de previsão, poucas surpresas. Muitos alunos conseguiram representar corretamente o movimento descrito pelo professor, tanto no desenho livre, como na régua (com as posições sucessivas quadro a quadro), quanto no gráfico de posição por tempo. Este último foi mais problemático, devido à escolha incorreta dos eixos por alguns grupos. Alguns marcaram o eixo vertical como velocidade, alguns não marcaram grandeza alguma em nenhum eixo. Mas a maioria parece ter conseguido representar um movimento uniforme por conta própria.

Quanto à observação, os mesmos problemas na transcrição dos gráficos foram encontrados. Gráficos traçados com réguas na diagonal do quadrado reservado para o desenho do gráfico e com pontos equidistantes. Neste experimento, muitas curvas de gráficos sequer coincidiram os pontos finais do gráfico, pois não havia qualquer relação entre a escala adotada e a visualizada no computador.

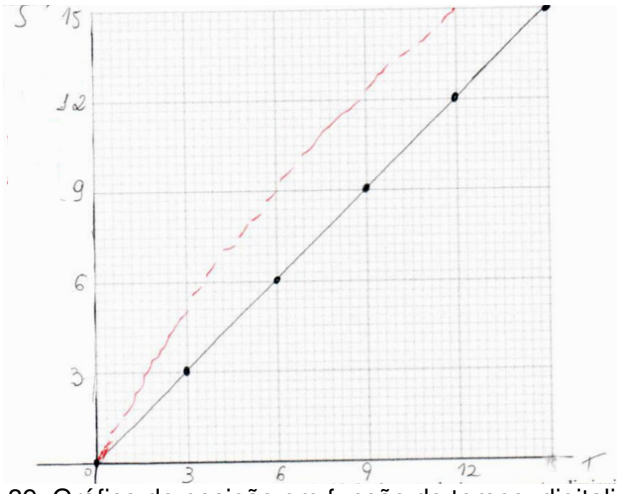


Figura 39: Gráfico de posição em função do tempo, digitalização.

Na figura 39 acima, por exemplo, o grupo de alunos traçou a reta diagonal antes de desenhar as escalas. Dessa forma, o último ponto do gráfico representado pelo programa não coincidiu com o marcado pelo gráfico (a linha vermelha desenhada corresponde a uma linha mais aproximada).

Na Explicação, não se esperava conflito cognitivo, uma vez que a previsão foi pensada para ser fácil de acertar, o que foi confirmado. Porém, as perguntas colocadas com o papel de explicação não se mostraram muito adequadas. Perguntou-se, por exemplo, por

que o gráfico de posição em função do tempo daria uma reta inclinada. E perguntou-se, adiante, se a velocidade era constante e por quê. A maioria das respostas usou uma pergunta contra a outra, ou seja, a velocidade era constante, pois o gráfico deu uma reta e deu uma reta no gráfico porque a velocidade era constante.

Além disso, mais alguns erros foram cometidos, ainda que esporádicos, mas demonstram que o significado do gráfico permaneceu nebuloso para os estudantes. Muitos atribuíram a velocidade constante à distância dos pontos, mesmo no gráfico. Muitos afirmavam que a velocidade era constante, porém aumentava, já que a linha do gráfico subia. Houve ainda um indício de um erro bem detectado pela análise quantitativa, em que um grupo respondeu que *"deu velocidade constante porque sempre que o gráfico dá uma reta, a velocidade é constante"*. Ou seja, a forma do gráfico, independe da informação que ele guarda e foi decorada de forma equivocada.

O cálculo do valor da velocidade foi feito assim como nas fichas anteriores. Os alunos fizeram algumas confusões quanto às unidades de medida, porém as mesmas puderam ser contornadas com relativa facilidade devido à intervenção do professor, ao apontar as unidades de medida usadas no vídeo, que eram centímetros.

IV.2.6 – Experimento "Corrida das gotas de água no óleo"

Neste experimento, esperava-se que os estudantes pudessem relacionar o experimento anterior e conseguissem representar dois movimentos que diferiam em posição inicial e velocidade. Utilizou-se o mesmo fenômeno da gota de água descendo na garrafa de óleo, porém com duas gotas de tamanhos e massas diferentes.

Na previsão, os alunos foram lembrados do fenômeno que estudaram na aula anterior e a configuração do novo experimento foi explicada a eles. Pediu-se que desenhassem as representações dos movimentos das duas gotas, conforme esperavam observar. Esta etapa apresentou muita confusão, já que praticamente todos os gráficos, fossem de posição ou de velocidade, apresentavam desenhos similares, com linhas retas inclinadas. Isto reforça a conclusão da análise quantitativa de que os estudantes decoravam uma forma do gráfico como sendo de movimento retilíneo uniforme e outra pra movimento retilíneo uniformemente variado, independente de que gráfico se trate, ou que grandezas estão representadas.

Poucos alunos representaram duas velocidades no mesmo gráfico de velocidade. Quando o fizeram, representaram como linhas inclinadas em muitas vezes.

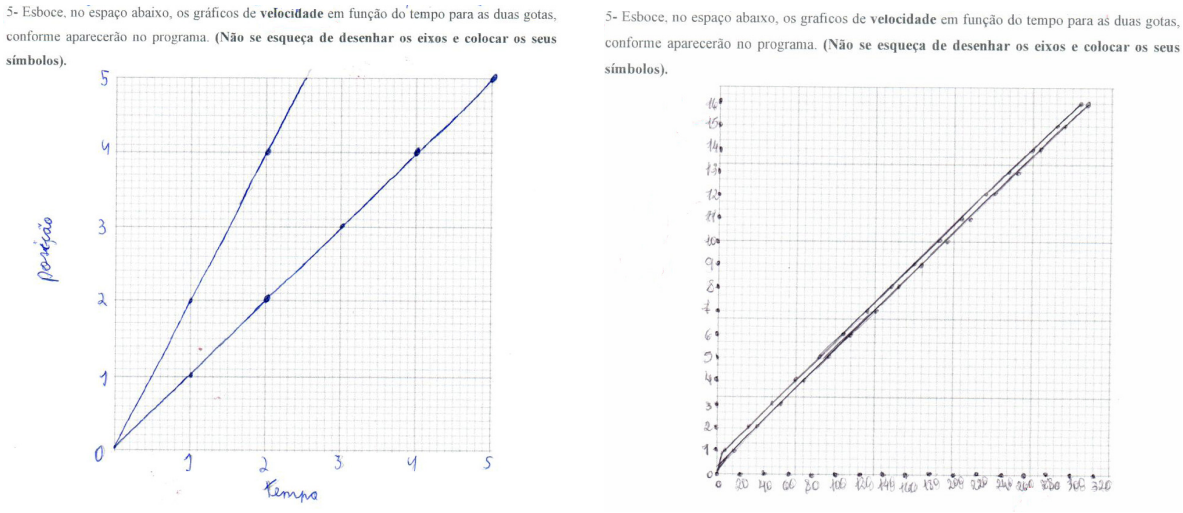


Figura 40: Gráficos de posição em função do tempo, digitalização.

Os exemplos acima foram bastante comuns. No primeiro, os alunos expressam velocidades diferentes, mas usam um gráfico de posição para isso. No segundo,expressam linhas sobrepostas, mas desenham uma ao lado da outra por não saber representá-las uma sobre a outra (tal informação foi conseguida questionando os alunos durante a previsão).

Dois grupos, um em cada turma, conseguiram representar adequadamente os gráficos de velocidade em suas previsões, como duas retas horizontais, uma acima da outra. Ambos se valeram de conhecimentos da aula de desenho de gráficos, com a ficha em mãos.

A observação apresentou problemas, especialmente na duração da atividade. Por conter mais etapas do que as atividades anteriores, o tempo foi curto para preencher completamente a ficha, ainda que o professor tenha feito observações constantes sobre o tempo restante de atividade. Várias fichas foram devolvidas com questões em branco.

Sobre os gráficos transcritos, poucos ainda copiaram os gráficos de posição no lugar dos de velocidade, apesar desse equívoco persistir. A maioria apresentou gráficos tão adequadamente traçados que representaram as diferenças na posição inicial e inclinação das duas retas dos gráficos de posição. Também foram capazes de identificar os dois gráficos de velocidade, apesar das oscilações esperadas, como aproximadamente retas horizontais.

Como explicação, pediu-se que os estudantes explicassem a forma de cada gráfico. Por que os gráficos de posição apresentaram retas inclinadas e por que os de velocidade apresentaram retas horizontais. Uma vez mais, muitos copiaram explicações do professor.

Entretanto, muitos demonstraram mais facilidade em perceber o gráfico de velocidade como indicando duas velocidades constantes. Além disso, determinaram com mais facilidade os valores das velocidades, que ficaram próximos dos valores indicados nos gráficos de velocidade.

Houve confusões esporádicas, como alunos que disseram em questões diferentes que a velocidade seria constante e que variava, ao olhar para gráficos distintos. Também houve a recorrência de erros como marcação inadequada de eixos e escalas, bem como a linha reta traçada a régua antes das escalas, o que levou a deformações dos gráficos.

Porém o tempo curto foi um dos maiores inimigos desta atividade. Ele impediu uma discussão em grupo e em classe que favorecesse a percepção dos equívocos cometidos na previsão. Somando a isso a verificação de que muitos estudantes não conseguiam fazer qualquer distinção entre os gráficos, independentemente das grandezas registradas neles, não há como avaliar a ocorrência ou a superação de conflitos cognitivos.

A escolha feita neste trabalho, de adequar a etapa de Explicação colocando perguntas fechadas e específicas, se deu devido a experiências anteriores em que as respostas dos alunos a questões como *"Por que o comportamento não saiu como o esperado?"* resultava em respostas excessivamente vagas e que não faziam qualquer relação com o fenômeno estudado. Na presente situação em que os estudantes apresentam dificuldades em discernir um gráfico do outro, tais perguntas mascaram ou mesmo impedem a ocorrência de conflitos cognitivos.

IV.2.7 – Experimento "Queda livre"

Os estudantes foram questionados sobre as representações de movimento de um corpo solto a partir o repouso e em queda livre. O objetivo era introduzir o movimento retilíneo uniformemente variado com uma das situações mais emblemáticas da Física Clássica. Nesta atividade, alguns alunos chegaram a soltar objetos sobre as carteiras na expectativa de observar o comportamento de velocidade constante ou a ocorrência de aceleração, a fim de registrar previsões mais acuradas.

A etapa de previsão demonstrou potencial para o conflito cognitivo, uma vez que a maioria dos alunos não imaginava um movimento com variação na velocidade, ou não sabia como representá-lo. Alguns grupos, entretanto, representaram o movimento de aceleração constante em suas fichas, ainda que poucos.

Apesar de termos alguns grupos afirmando a aceleração diferente de zero, a multiplicidade de representações do movimento causou inúmeras confusões. É importante destacar que nenhum grupo conseguiu representar o movimento acelerado simultaneamente na régua e nos três gráficos, de posição, de velocidade e de aceleração em função do tempo.

As formas assumidas pelos gráficos foram muito diversas. Gráficos iguais para posição, velocidade e aceleração; gráficos de velocidade e aceleração em forma de parábolas; gráficos de posição representando aceleração, combinados com gráficos de velocidade constante e gráficos de aceleração diferente de zero.

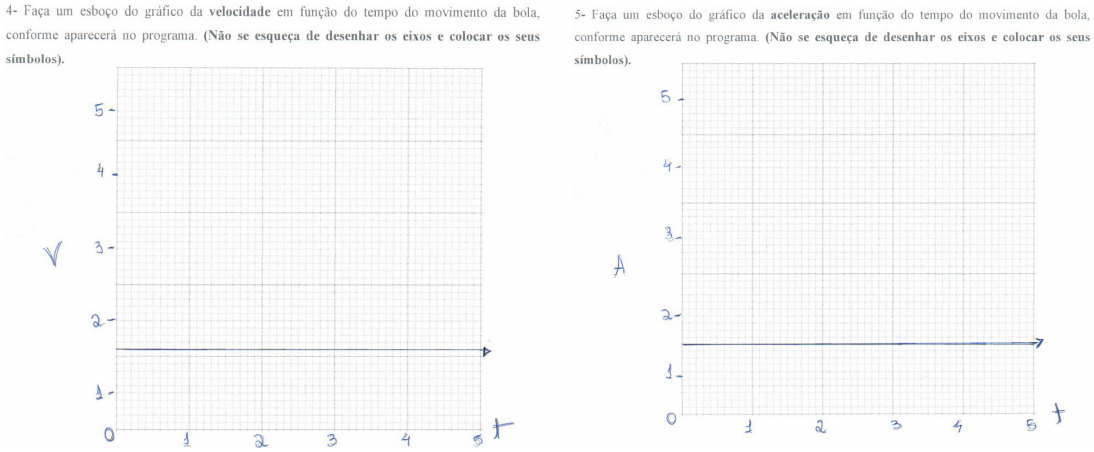


Figura 41: Gráficos de velocidade e aceleração em função do tempo, digitalização.

As imagens acima foram retiradas de uma mesma ficha de previsão, demonstrando que os alunos não souberam diferenciar o gráfico de aceleração do gráfico de velocidade. Este comportamento ocorreu em diversos grupos.

Na observação, os gráficos foram transcritos do programa com menos problemas do que nas atividades anteriores. Isto é, com escalas e eixos melhor marcados e pontos representando de fato os pontos medidos pelo programa. A representação das posições na régua, entretanto, foi problemática, já que muitos estudantes marcaram distâncias iguais entre os pontos. Não há outro indício nas fichas que leve a interpretar essa confusão como dificuldade na visualização das distâncias ou desleixo na marcação dos pontos. A marcação desses pontos na régua é descolada do entendimento do movimento analisado.

As perguntas solicitadas como explicação demonstraram a dificuldade na percepção da natureza do gráfico pelos estudantes. A forma de parábola no gráfico de posição foi explicada, simplesmente, como devido ao fato de existir aceleração diferente de zero ou a velocidade não ser constante. Qualquer resposta indicando a ausência de proporcionalidade entre posição e tempo foi copiada integralmente de dúvidas tiradas com o professor.

Sobre o gráfico de velocidade ser uma linha reta inclinada, as respostas variaram entre *"a velocidade está aumentando"* e *"a aceleração faz a velocidade variar"*. Nenhum aluno associou a reta a uma grandeza que variava linearmente no tempo, como foi discutido nos gráficos de posição das aulas anteriores.

A única questão que atendeu às expectativas deste trabalho foi a referente à forma do gráfico de aceleração. Muitos grupos conseguiram perceber, sem a ajuda do professor, que a aceleração permanecia constante durante o movimento, apenas observando a forma do gráfico de aceleração em função do tempo.

Uma vez mais, a natureza das perguntas destinadas ao papel de explicação não permitiram evidenciar se houve conflito cognitivo nem entender como os estudantes o trabalharam. As perguntas não faziam referência direta à ficha de previsão e muitos alunos sequer se lembravam o que haviam escrito nelas.

Como os estudantes não evidenciaram por si só a inconsistência de suas previsões, a discussão coletiva em sala de aula não rendeu muitos questionamentos. Aliado ao tempo novamente curto, as discussões giraram em torno da natureza constante da aceleração da gravidade, para introduzir futuras discussões de dinâmica.

IV.2.8 – Experimento "Subida na rampa"

Este experimento, assim como o anterior, objetivava o estudo de um movimento com aceleração constante diferente de zero e familiarizar os estudantes com as relações entre os três tipos de gráficos estudados em cinemática simultaneamente: os gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo.

Também havia o interesse em submetê-los a dois tipos de dificuldades novas: a inversão de velocidades, com o movimento de sobe e desce da bolinha na rampa e com a forma do gráfico, muito parecida com diversos gráficos de posição estudados até o momento, uma linha reta inclinada. Este último objetivo buscava evidenciar e trabalhar o possível conflito cognitivo criado pela associação do gráfico como fotografia do movimento, apontada por Beichner (1994).

A previsão consistiu no registro do movimento com a posição quadro a quadro na régua e com os três gráficos estudados: posição, velocidade e aceleração em função do tempo. O registro na régua foi bastante variado, tendo marcações equidistantes e com distâncias progressivamente variáveis em igual medida. Nem sempre associadas à suposição de velocidade constante ou aceleração constante registradas nos gráficos.

Muitos alunos registraram gráficos de posição adequados, com parábolas com a concavidade voltada para baixo. Alguns grupos desenharam, como era esperado devido ao referencial teórico, linhas retas inclinadas semelhantes à trajetória, indicando a associação do gráfico com fotografia do movimento. A inversão da velocidade, entretanto, foi representada das mais variadas formas. Dois segmentos de reta com inclinações diferentes, parábolas com concavidades descontínuas, duas linhas retas partindo do mesmo ponto e formas que lembram parábolas, mas compostas por dois segmentos de reta e uma curva.

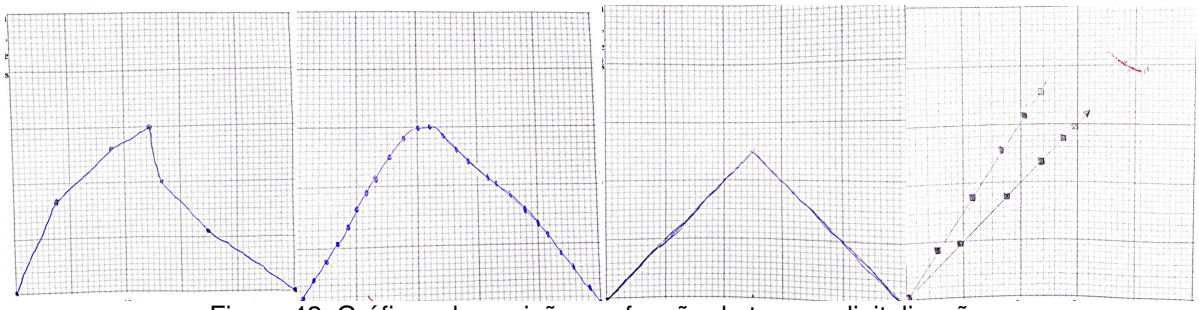


Figura 42: Gráficos de posição em função do tempo, digitalização.

Os gráficos de velocidade e aceleração tiveram desempenhos ruins. Poucos alunos conseguiram prever comportamentos condizentes com os respectivos gráficos de posição. Em geral, a forma do gráfico de posição determinava as formas dos demais gráficos. Se fosse reta na posição, os demais seriam retas. Se fosse parábola, os demais seguiriam esse comportamento. Fica nítido o potencial desta atividade em favorecer conflitos cognitivos.

Na observação, os grupos foram capazes de transcrever os gráficos vistos no programa sem maiores problemas. Na explicação, entretanto, seguem as mesmas dificuldades encontradas na atividade anterior. Gráficos de posição são razoavelmente explicados pela presença de aceleração. Gráficos de velocidade como retas inclinadas são mal discutidos e por vezes confundidos com velocidades constantes. Gráficos de aceleração são facilmente reconhecidos como de aceleração constante.

Adicionalmente, foi perguntado aos grupos qual seria a diferença entre gráfico e trajetória. A maior parte dos grupos forneceu respostas incrivelmente vagas ou confusas, indicando não ter claro como cada representação se associa ao movimento. Porém, muitos grupos fizeram associações interessantes, classificando o gráfico como uma associação de medidas relativas ao movimento e não como desenho do mesmo.

Por fim, foi adicionada uma outra tarefa que não estava prevista na ficha. Como as demais fichas não demonstravam a ocorrência de conflito cognitivo, pediu-se que os estudantes corrigissem os erros de suas previsões à luz dos gráficos obtidos com a

videoanálise. Em uma folha separada, deveriam escrever explicações de seus erros a fim de recuperar pontos perdidos por previsões inadequadas.

Esta última tarefa se mostrou extremamente proveitosa para a pesquisa e para o aprendizado dos alunos. Apesar das já esperadas respostas vagas, nos moldes de *"eu errei porque não fiz de determinada maneira"*, encontradas em experiências anteriores com a metodologia POE, aqui os alunos executaram algumas reflexões sinceras e detalhadas sobre seus erros.

"O segundo gráfico eu fiz que a velocidade aumentava constantemente e ela diminui constantemente."

"Erramos porque esquecemos da continuidade da parábola até o ponto zero da posição."

"Fizemos assim pois se a posição varia, a velocidade também não seria a mesma, porém nosso gráfico está errado pois colocamos o ponto inicial no zero porém a velocidade é positiva e não se inicia no zero."

"Nosso gráfico ficou assim (...) pois se a velocidade varia a aceleração também varia."

"Pensamos que soa aceleração constante daria uma reta."

"Está errado por agregar duas linhas que representam a variação da posição de forma constante e não uma parábola representando variação."

"Está errado porque o ponto inicial da velocidade não começa no zero, ela começa com velocidade maior. E a velocidade decai de forma constante, ou seja, o gráfico seria uma reta inclinada e não uma parábola."

"Pois o gráfico de posição daria uma parábola, a velocidade vai zerar e depois se reiniciar e descer com velocidade maior."

"Está errado porque quando a velocidade chega a zero, ela fica em zero por algum tempo, fazendo com que no meio do gráfico fique quase uma reta horizontal."

"A velocidade vai diminuir em uma taxa constante no tempo."

"O certo deveria representar a sua velocidade diminuindo e não aumentando."

“Nós pensamos que a posição aumentava. E o correto é que a posição aumenta e depois ela vai diminuindo.”

“A gente achou que a velocidade estava aumentando, mas o correto é que ela estava diminuindo, pois começa no 2,0 e terminava no 1,5.”

“Erramos porque marcamos um gráfico que partia do zero e chegava a algum ponto e voltava ao zero de novo. No programa o gráfico deu uma linha inclinada do ponto positivo ao negativo.”

“A aceleração do computador é constante enquanto no projeto está crescendo e diminuindo.”

Apesar dessas reflexões não terem se traduzido em aprendizado em médio prazo, tendo em vista os deslizes evidenciados pela análise qualitativa, as respostas dadas dão maiores esperanças de que algum conflito possa ter sido trabalhado pelos estudantes com potencial para afetar concepções prévias sobre o assunto.

IV.2.9 –Experimento “Carro entrando no IFF Cambuci”

Como dito anteriormente na descrição desta atividade, o propósito deste experimento foi não apenas comparar gráficos de movimento, mas abordar o significado da área sob o gráfico de velocidade. Uma vez que não era esperado que os estudantes tivessem qualquer conhecimento prévio sobre o tema, a metodologia POE não teria significado, uma vez que seria impossível gerar a expectativa sobre o comportamento do fenômeno necessária ao conflito cognitivo.

O experimento consistiu de três etapas: duas videoanálises, uma para MRU e outra para um movimento com velocidade variável, seguida por uma análise dos dados. Para tanto, os alunos deveriam abrir dois arquivos do *Tracker* e manter as duas abas abertas durante a atividade.

No movimento correspondente ao MRU, o primeiro vídeo, é possível perceber que os alunos puderam transcrever os gráficos do programa, os de posição, velocidade e aceleração em função do tempo, sem maiores dificuldades. O gráfico de posição foi percebido claramente como uma reta inclinada e os demais como retas horizontais. Ajustes prévios nas escalas permitiram mitigar visualmente as oscilações nos dois últimos de forma a facilitar a compreensão.

Já no segundo movimento, as formas dos gráficos ficaram distantes do didaticamente desejado. Apesar de conter um movimento em que há aceleração constante positiva na primeira etapa e aceleração constante negativa na segunda, os gráficos não demonstraram claramente esse comportamento. Devido aos módulos de acelerações extremamente baixos, as parábolas no gráfico de posição são quase imperceptíveis, dando a impressão de formar uma linha reta inclinada. Apenas com o destaque feito pelo professor, alguns alunos conseguiram visualizar as tênues parábolas deste gráfico.

Quanto aos dois outros gráficos deste vídeo, as distorções foram maiores. Dificuldades na visualização do carro propiciaram maiores incertezas na posição a ser marcada. Tal incerteza foi propagada pelos cálculos aos gráficos de velocidade e aceleração. Além disso, os dois vídeos foram editados em *softwares* externos antes de serem abertos no *Tracker*. Os arquivos finais não mantiveram a mesma compressão de quadros dos arquivos originais, problema detectado em outros experimentos. Tal compressão gera distorções como repetições de quadros e algumas não-linearidades nos movimentos filmados.

O gráfico de velocidade não se aproxima visualmente de duas retas inclinadas. O de aceleração, além de não parecer duas retas horizontais, se assemelha a uma linha horizontal torta, não muito diferente de outros gráficos vistos em experimentos passados. Os gráficos transcritos apenas foram feitos mediante intervenção do professor que atentou para as tendências de comportamento em ambos.

Na última etapa, os resultados pareceram mais animadores. Os valores de área dos gráficos foram obtidos e traduzidos para notações mais familiares aos estudantes, como 94,7 ao invés de 9,47E1, como aparece no programa. Muitos grupos foram capazes de reconhecer a semelhança entre os valores das duas áreas e destes com a informação contida na imagem de satélite indicando o comprimento aproximado do corredor de palmeiras. Com algumas orientações, sobre pequenas variações estatísticas e de incertezas, os alunos foram capazes de afirmar que as áreas representavam as distâncias percorridas.

IV.2.10 – Aula de revisão

A aula de revisão tentou discutir com os alunos a relação entre os dois tipos de movimentos estudados, com velocidade constante e com aceleração constante e seus respectivos gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo. Além disso, duas técnicas de obtenção de informações foram relembradas com exercícios: o cálculo da inclinação e o cálculo da área.

Foi discutido o caráter oposto das duas técnicas e as informações obtidas em cada uma dependendo do gráfico analisado. Os exercícios envolviam cálculos de inclinações e áreas, inclusive solicitando que os estudantes soubessem identificar que informação seria obtida em cada cálculo.

Muitos continuaram apresentando confusões sobre qual técnica usar em cada caso e o que significavam, além da habitual confusão entre os diferentes gráficos de cinemática. O tempo da aula se esgotou antes que todo o conteúdo planejado fosse discutido e parte dos exercícios foi deixada para estudo em casa. Poucos alunos relataram que fizeram os exercícios e nenhum deles procurou o professor para trabalhar eventuais dúvidas ou dificuldades.

IV.2.11 – Atividade de recuperação

Um total de 15 dos 64 alunos não atingiu a média trimestral. Como a avaliação não foi tão próxima das atividades que eles realizaram em sala de aula, o professor propôs uma recuperação baseada em videoanálise com o *Tracker*. A atividade consistia em gravar um vídeo contendo um objeto se movendo em velocidade constante ou aceleração constante e analisar o vídeo de forma a confirmar, pelo gráfico de posição, o comportamento da velocidade.

O professor deu instruções sobre a composição do vídeo e avaliou algumas tentativas dos alunos, via e-mail ou redes sociais, para garantir que os vídeos filmados atendessem às exigências do *Tracker*, como ter o objeto em questão visível, ter o movimento com o mesmo comportamento durante todo o movimento e ter o movimento ocorrendo no plano da filmagem.

Durante algumas semanas, os alunos marcaram horários com o professor em tempos vagos ou intervalos e foram avaliados, um a um. Alguma ajuda foi fornecida para salvar os arquivos de vídeo no computador, mas a análise ficou inteiramente por conta dos estudantes.

Após a marcação das posições e aparecimento do respectivo gráfico de posição em função do tempo, apenas duas perguntas eram feitas: *"A velocidade é constante, ou a aceleração é constante?"* e *"Como você conclui isso a partir do gráfico?"*. Dependendo do cuidado com o ajuste dos parâmetros do *Tracker* e a resposta das duas perguntas, o aluno poderia recuperar pontos perdidos durante o trimestre.

Menos da metade dos estudantes procurou o professor para realizar a atividade. Muitos dos alunos em recuperação eram alunos que comumente “sobravam” nas atividades, ou seja, se valiam das dimensões restritas da sala para não travar contato algum com o computador ou mesmo a atividade em si. Logo, muitos alegaram não saber o que fazer, mesmo com requisitos básicos de operação, como carregar o vídeo. Muito menos criar um novo ponto de massa e atribuir posições a este no movimento do vídeo.

Dos alunos que tentaram, a maioria optou por movimentos com velocidade constante, que foram produzidos com carros ou outros veículos em que se podia estimar que tivessem mantido a mesma velocidade. Alguns poucos perceberam que movimentos em queda livre se moveriam com aceleração constante.

As respostas à primeira pergunta nem sempre correspondiam ao movimento apresentado. Muitos olharam as distâncias entre as posições sucessivas do objeto e concluíram serem as mesmas, o que indicaria a velocidade constante, mesmo nos vídeos de queda livre. Outros concluíram que a aceleração era constante devido ao gráfico aumentar, mesmo em situações de velocidade constante. Um aluno chegou a afirmar que a velocidade era constante por ter sido ele o motorista e ter segurado o pedal do acelerador de forma a deixar constante.

Quanto à segunda pergunta, nenhum aluno soube identificar o gráfico que via como o de posição e relacionar sua forma ao comportamento observado no movimento. Todos que explicavam o gráfico diziam se tratar do gráfico de velocidade e afirmavam ser constante porque era reto.

Esta atividade permitiu constatar a dificuldade no entendimento dos gráficos como representação de variações de grandezas. Muitos os viam apenas como imagens com alguma relação com movimentos, mas se mostraram incapazes de identificar que grandezas estariam sendo representadas ou que comportamento estavam vendo, ainda que tivessem produzido os próprios vídeos.

IV.2.12 – Síntese da análise Qualitativa

O retrospecto das aulas demonstrou alguns padrões úteis à elucidação dos resultados baixos dos testes dos alunos e os equívocos cometidos.

A atividade de transcrever gráficos se mostrou um desafio grande demais para estes alunos. Muito tempo de cada aula era utilizado para esta tarefa e nota-se que os alunos não melhoraram significativamente sua capacidade de enxergá-los como representações de funções. Muitas vezes eram reconhecidos como figuras que guardavam alguma relação com

o movimento, como nas associações de reta e parábola discutidas anteriormente. Os gráficos incompletos nas fichas refletem essa tendência.

A carência do estudo de funções antes do estudo de seus gráficos pode ter contribuído para as associações inadequadas. Os alunos não viam os pontos como representações de valores de grandezas, mas como desenhos, meramente. Assim, não é de surpreender que não conseguissem discernir entre grandezas representadas nos gráficos diversos.

A ausência de conhecimentos sobre funções pode ter contribuído para o insucesso das questões propostas como explicação na metodologia POE. A maioria dos alunos não conseguiu explicar as formas dos gráficos nos termos esperados, que eram as descrições de como as funções variavam. Apenas eram capazes de associá-los a movimentos por memorização. E esta, como já discutido na análise quantitativa, favoreceu equívocos, ao associar aceleração a parábolas e velocidade a retas.

Além disso, as escolhas dos modos de se questionar a Explicação se mostraram inadequados. Neste trabalho, foram selecionadas perguntas fechadas a fim de evitar respostas rasas e superficiais de experiências passadas no IFF e no CEFET/RJ. Entretanto, essas perguntas fechadas não foram bem assimiladas pelos estudantes dado o nível de dificuldade. Perguntar sobre o motivo dos gráficos terem a forma que tem sem fazer menção às funções que as originam, envolve raciocínio sobre as variações de uma grandeza que remetem a conteúdos de cálculo diferencial em cursos superiores.

A forma das questões, ainda, dificultou a detecção ou mesmo impediu a ocorrência de conflitos cognitivos, como mostra a mudança emergencial executada na atividade Subida na rampa e os dados obtidos das explicações dos alunos, indicam que algum processo de confronto entre Previsão e Observação ocorreu em diversos grupos. Essa etapa, com a questão questionando explicitamente sobre a inadequação das previsões mostra-se fundamental para a eficácia do método, sem a qual corre-se o risco de não criar os conflitos cognitivos esperados.

Capítulo V - Considerações Finais

As análises realizadas do desempenho dos alunos apontam problemas no aprendizado dos conteúdos propostos, os gráficos de cinemática. É fundamental destacá-los na busca de uma compreensão mais profunda dos condicionantes envolvidos.

A análise quantitativa indica que uma série de confusões persiste na interpretação dos gráficos de cinemática. Algumas já eram previstas da leitura do trabalho de Beichner (1994): o significado da área sob uma curva ainda se mostrou algo fora do domínio dos estudantes; foi detectada a tendência a ler valores de grandezas diretamente do eixo das ordenadas, ainda que a questão se referisse a outra grandeza que pudesse ser determinada por cálculo de inclinação ou área; e a confusão entre variáveis cinemáticas foi uma constante durante todo o trabalho.

Esta última ainda aponta um possível desdobramento ainda mais complicado: os estudantes, em geral, não demonstraram perceber o gráfico como a representação das relações entre duas grandezas físicas, ou seja, de funções. Em diversos momentos, como foi reforçado pela análise qualitativa, os alunos parecem ter decorado algumas formas e as associado a diferentes movimentos, especialmente associando a existência de parábola e MRUV e reta inclinada a MRU, independente da grandeza representada no gráfico.

A análise qualitativa reforçou a percepção dessas dificuldades e ainda expôs algumas carências da própria estruturação da proposta. O dimensionamento do tempo e da dificuldade das tarefas se mostrou inadequado. Grande parte do tempo das atividades mantinha os alunos na tarefa de transcrição dos gráficos em tela, atividade na qual demonstraram imensas dificuldades, minando o tempo que poderia ser usado em discussões acerca da interpretação dos mesmos gráficos e suas relações com o movimento observado.

Quanto à adoção da metodologia P.O.E., o conflito cognitivo esperado não foi detectado em várias das atividades planejadas. Esperava-se que perguntas mais específicas pudessem levar a reflexões mais profundas sobre o comportamento de cada curva experimental, porém a pergunta impede que o avaliador observe se o estudante estabeleceu relações entre sua expectativa e sua observação. Em outros termos, o conflito cognitivo, se houve, não pôde ser objetivamente confirmado.

É necessário que se faça uma reflexão, a partir dos dados apresentados, sobre possíveis causas das dificuldades apresentadas pelos alunos ao trabalhar nessa proposta:

-O estudo das funções de cinemática, em particular, e das funções polinomiais de primeiro e segundo graus, de forma geral, demonstram ter uma importância não desprezível

para a correta compreensão do comportamento de gráficos e uma correta interpretação da modelagem matemática utilizada para descrever movimentos. A simples apresentação dos gráficos para estudantes que não dominam essas funções não permitiu uma adequada correlação entre os movimentos e suas representações, muito menos das sutilezas envolvidas, como as relações entre gráficos de grandezas distintas;

-Além das carências específicas na matematização envolvida, outras dificuldades prévias dos alunos podem ter influenciado o desempenho nesta proposta, como as dificuldades na operação de um computador, a adaptação a uma nova realidade escolar e consequente rotina de estudos, ou mesmo a carga horária e o número de disciplinas elevados que podem ter disponibilizado menos tempo para o estudo dos conteúdos debatidos;

-As condições estruturais da escola não favoreceram o trabalho planejado. Seja pelas condições materiais, como a sala de informática limitada em espaço físico e com aparelhos em constante manutenção, seja pelas limitações pedagógicas, como pouco tempo em sala de aula para cada disciplina e ausência de reforço ou monitoria como atividades previstas no planejamento escolar;

-Algumas dificuldades técnicas se mostraram presentes, especialmente a dificuldade em produzir vídeos adequados ao planejamento, com gráficos claros e bem comportados, além de apresentarem fenômenos suficientemente claros e compreensíveis pelos alunos. Muitos vídeos, especialmente durante o planejamento das atividades e produção do material, apresentaram severas distorções, como repetições de quadros depois de edições simples, ou mesmo deformação das posições medidas, o que comprometeu todos os demais gráficos planejados;

-A utilização do TUG-K como referencial trouxe dificuldades elevadas não apenas pela aplicação do teste em si, que já seria desafiador para o ensino médio, mas também pela influência no planejamento que levou em consideração todos os objetivos de estudo desse conteúdo, bem como as dificuldades esperadas na interpretação de gráficos de cinemática (BEICHNER 1994). A multiplicidade de objetivos e o grau elevado de exigência de cada um deles, pode ter contribuído sensivelmente para nivelar as dificuldades desta proposta num nível acima do que os estudantes seriam capazes de compreender com mais facilidade;

-É necessário considerar, também, a possibilidade de inadequação do conflito cognitivo como estratégia pedagógica para o presente caso. Como as análises demonstraram, a simples presença de comportamentos matemáticos potencialmente surpreendentes não foi suficiente para garantir o engajamento dos alunos na solução de um

possível conflito. É possível que não tenham se dado conta do conflito, pelas dificuldades na investigação das atividades, é possível que não tenham sentido necessidade de resolver esses conflitos, uma vez que as atividades não solicitavam, em sua maioria, que fossem resolvidos e é possível ainda que o conflito sequer tenha ocorrido em algumas situações, dada a não-familiaridade com o conteúdo;

-Esta última consideração conduz a outra possibilidade, mais extrema, de que a proposta apresentada aqui tenha sido simplesmente ineficaz em motivar os alunos na busca pelo entendimento das questões apresentadas. Essa possibilidade torna-se preocupante se levarmos em consideração todo o suporte que este trabalho buscou, como teorias que dessem conta das dificuldades comuns e dos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem, a fuga do modelo tradicional de sala de aula, utilizando atividades onde o aluno pudesse ter uma postura mais ativa, a presença de fenômenos acessíveis ao cotidiano de um estudante do ensino médio e o uso de recursos computacionais, com os quais esperava-se que os alunos tivessem maior familiaridade e desenvoltura. É possível que todos esses recursos combinados não tenham se mostrado suficientemente atraentes para esses jovens, o que contraria fortemente as expectativas do planejamento e estruturação deste trabalho.

A aplicação de novas experiências a partir do conhecimento adquirido neste trabalho pode ajudar a elucidar o peso das variáveis apresentadas no sucesso ou fracasso da proposta, permitindo assim a consolidação de uma sequência didática melhor estruturada e adaptada para o ensino médio.

Levando em consideração todas as particularidades encontradas nesta aplicação e a necessidade de mais verificações empíricas baseadas neste trabalho, pode-se pensar em algumas recomendações para trabalhos futuros baseados nesta proposta:

-Um trabalho específico sobre gráficos de posição em função do tempo pra turmas que tenham dificuldades com a matemática envolvida. A análise quantitativa indicou que muitos comportamentos dessas funções foram memorizados, sendo até utilizados para interpretar outros gráficos. Um trabalho mais focado em uma única grandeza, ainda que as demais sejam estudadas depois, poderia permitir a interpretação de gráficos mais complexos, como gráficos que combinem aceleração constante em algum trecho com velocidade constante em outro;

-Trabalhar o estudo analítico de funções matemáticas. Muitos dos dados indicam a carência desses conhecimentos por parte dos alunos. Aplicações em turmas onde as funções polinomiais de primeiro e segundo grau já estejam dominadas pode render

resultados muito melhores. Além disso, uma alternância entre as aulas experimentais e um estudo analítico das funções de cinemática poderia ter suprido algumas das dificuldades demonstradas pelos alunos;

-Utilizar extensivamente listas de exercício a fim de favorecer a compreensão de sutilezas do estudo de gráficos não comportadas nas experiências práticas, mas que podem ser motivadas por essas atividades. O estudo de gráficos apresenta uma série de dificuldades e esta experiência reforça a ideia de que a mera observação de gráficos em contextos de movimentos reais não resolve todos os problemas. Além de corroborar as conclusões de Beichner (1990) ao afirmar que a observação de movimentos simultaneamente ao traçado de gráficos não proporciona melhoras significativas no aprendizado;

-Compatibilizar os objetivos do TUG-K com a metodologia P.O.E. pensando atividades que possam gerar conflitos cognitivos em habilidades onde este trabalho não se aventurou, como a área dos gráficos sob a curva;

-Dar especial atenção à etapa explicação da metodologia P.O.E. Este trabalho verificou que perguntas fechadas demais nem sempre permitem o exercício consciente de repensar as Previsões à luz das Observações. E sem esse esforço dos alunos, não se pode esperar a ocorrência de conflito cognitivo, o que compromete a eficácia do método.

Espera-se que todos os elementos presentes possam subsidiar novas aplicações em outras realidades escolares, bem como ajustes ou mesmo novas propostas que possam se valer do conhecimento e do material que foi criado, adaptado, analisado e exposto nesta obra. Todas as possibilidades de uso do legado acima citadas são desejadas e incentivadas.

Referências

AGRELLO, D. A; GARG, R. *Compreensão de Gráficos de Cinemática em Física Introdutória,* **Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 21, n. 1, p. 103-115,** 1999.

ARAUJO, I. S. **Um estudo sobre o desempenho de alunos de Física usuários da ferramenta computacional *Modellus* na interpretação de gráficos em Cinemática,** Dissertação de Mestrado, IF-UFRGS, Porto Alegre: 2002.

BARCLAY, W. L. *Graphing misconceptions and possible remedies using microcomputer-based labs*. **1986 National Educational Computing Conference**, University of San Diego, San Diego, EUA, 1986.

BEICHNER, R. J. *The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab.* **Journal of Research in Science Teaching, New York, v. 27, n. 8, p. 803-815**, 1990.

BEICHNER, R. *Testing student interpretation of kinematics graphs,* **American Journal of Physics, n. 62, p. 750-762,** 1994.

BORGES, A. T. *Novos rumos para o laboratório escolar de ciências,* **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, n.3, p.291-313**, 2002.

BROWN, D. *Tracker*, Version 4.92, Tradução SANTANA, A. N; BEZERRA JR, A. G; LENZ, J. A; 2016, Disponível em physlets.org/tracker, Acesso em 10/04/2016.

DE JESUS, V. L. B. **Experimentos e Videoanálise - Dinâmica**, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

DE JESUS, V. L. B; SASAKI, D. G. G. *Vídeo-análise de um experimento de baixo custo sobre atrito cinético e atrito de rolamento*, **Revista Brasileira de Ensino de Física, v.36, n.3, p. 3503-1 – 3503-6,** 2014.

DE JESUS, V. L. B; SASAKI, D. G. G. *O experimento didático do lançamento horizontal de uma esfera: Um estudo por videoanálise*, **Revista Brasileira de Ensino de Física, v.37, n.1, p. 1507-1 – 1507-8,** 2015.

HAKE, R. *Interactive-engagement vs traditional methods: A six- thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses.* **American Journal of Physics; v.66; pp. 64-71;** 1998.

HAYSOM, J; BOWEN, M. **Predict, Observe, Explain – Activities Enhancing Scientific Understanding**, Arlington: NSTA Press, 2010.

MCDERMOTT, L. C; ROSENQUIST, M. L; VAN ZEE, E. H. *Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics*, **American Journal of Physics, v.55, p.503-513**, 1987.

NASCIMENTO, M. M. *Uma análise dos efeitos da ferramenta computacional Modellus sobre os alunos de Ensino Médio na compreensão de gráficos em cinemática*, **Revista Visão Acadêmica, ano 2, v.3, Educação e Ciências, p.6-17,** Cidade de Goiás: UEG, 2011.

OLIVEIRA, F. A. **Uso e divulgação do software livre Tracker em aulas de Física do ensino Médio,** Dissertação de Mestrado, UTFPR, Curitiba: 2014.

SCHEFFER, F. S. **O uso de Videoaulas para a Aprendizagem de Cinemática,** Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 2014.

SILVA, R. D. S. **O USO PEDAGÓGICO DO SOFTWARE MODELLUS NA PRÁTICA COLABORATIVA DE ALUNOS PARA FACILITAR O DESENVOLOVIMENTO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CINEMÁTICA,** Dissertação de Mestrado, UFC, Fortaleza, 2014.

VAN ZEE, E. H; MCDERMOTT, L. C. *Investigation of student difficulties with graphical representations in physics*. **Second International Seminar in Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics**, Cornell University, Ithaca, EUA, 1987.

WHITE, R; GUNSTONE, R. **Probing Understanding,** The Falmer Press, 1992.

Anexos

A seguir, a sequência das fichas utilizadas em sala de aula com os alunos, na forma como foram distribuídas.

Ficha 1 – Experimento “Velocidade e Aceleração”

Ficha 2 – Experimento “Gráficos”

Ficha 3 – Experimento “Moto na estrada”

Ficha 4 – Experimento “Trilho de ar horizontal”

Ficha 5 – Experimento “Gota de água no óleo” - Previsões

Ficha 6 – Experimento “Gota de água no óleo” - Observações

Ficha 7 – Experimento “Corrida das gotas de água no óleo” - Previsões

Ficha 8 – Experimento “Corrida das gotas de água no óleo” - Observações

Ficha 9 – Experimento “Queda livre” - Previsões

Ficha 10 – Experimento “Queda livre” - Observações

Ficha 11 – Experimento “Subida na rampa” - Observações

Ficha 12 – Experimento “Carro entrando no IFF Cambuci”

Ficha 13 – Manual Rápido de utilização do Tracker. Adaptado de OLIVEIRA, F. A; **Uso e divulgação do software livre Tracker em aulas de Física do ensino Médio,** Dissertação de Mestrado, UTFPR, Curitiba: 2014

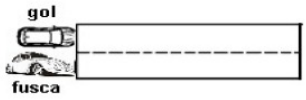
Os vídeos produzidos podem ser acessados e baixados no Dropbox através do link:

https://www.dropbox.com/sh/iq7d4pgrqeukfgu/AACiod0DmTG1CwO4nadd1Htea?dl=0

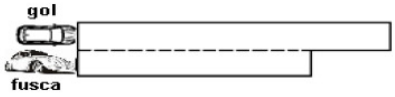
Experimento – Velocidade e Aceleração

TURMA: **DATA:** **BANCADA:**

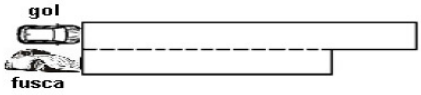
1. A figura abaixo mostra uma corrida entre um gol e um fusca em linha reta. Eles partem juntos do mesmo ponto, mas o fusca surpreende e chega ao final primeiro. Qual foi o mais rápido? Por quê?



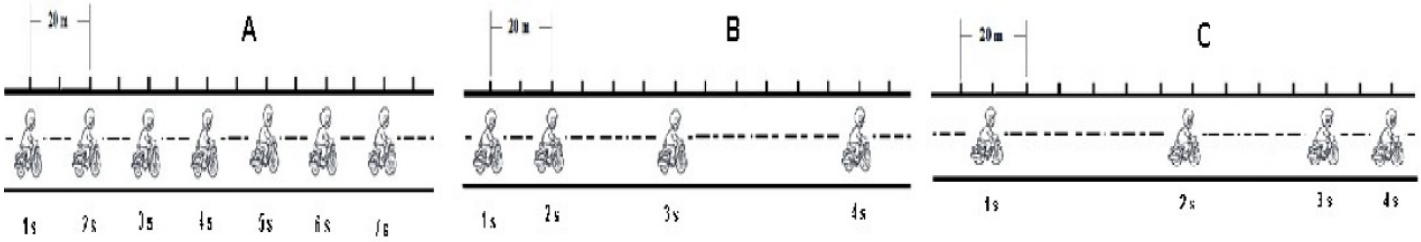
2. Suponha que a pista utilizada pelo gol fosse maior que a pista utilizada pelo fusca. E que os dois tenham alcançado o final de suas pistas no mesmo momento. Qual foi o mais rápido? Por quê?



3. Suponha agora que a pista utilizada pelo gol seja maior e que o fusca tenha chegado ao fim de sua pista antes da chegada do gol. Nesse caso, qual deles foi o mais rápido? Por quê?



4. A figura abaixo representa várias fotos tiradas de um motociclista numa estrada sobrepostas em uma única imagem (**fotografia estroboscópica**). O espaço de tempo entre uma foto e outra é de 1 segundo. O que você acha sobre a velocidade do motociclista nos 3 casos (A, B e C)? Ela aumenta, diminui ou é constante? Explique o porquê em cada caso!

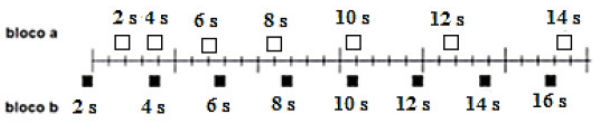


5. Na figura A da questão anterior, qual é a velocidade média do motociclista? Você usou uma fórmula ou o raciocínio lógico?

6. Na escola você **decorou** que a fórmula da velocidade média é distância dividida pelo tempo. Por que não pode ser distância vezes tempo?

7. Se velocidade significa rapidez, o que significa aceleração?

8. Na figura abaixo estão representadas as posições de dois blocos em intervalos sucessivos de 2 segundos. Os blocos estão se movendo para a direita.



Os blocos têm alguma vez a mesma **posição**?

(A) Não.
(B) Sim, no instante de tempo 2 segundos.
(C) Sim, no instante de tempo 6 segundos.
(D) Sim, nos instantes de tempo 4 segundos e 10 segundos.
(E) Sim, em algum instante de tempo entre 6 e 8 segundos.

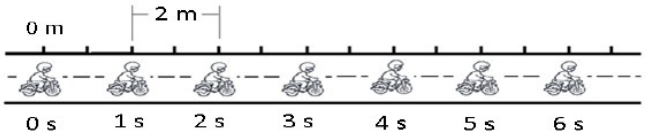
Os blocos têm alguma vez a mesma **velocidade**?

(A) Não.
(B) Sim, no instante de tempo 6 segundos.
(C) Sim, nos instantes de tempo 4 segundos e 10 segundos.
(D) Sim, em algum instante de tempo entre 4 e 6 segundos.
(E) Sim, em algum instante de tempo entre 6 e 8 segundos.

Experimento – Gráficos

NOME: **TURMA:** **DATA:** **BANCADA:**

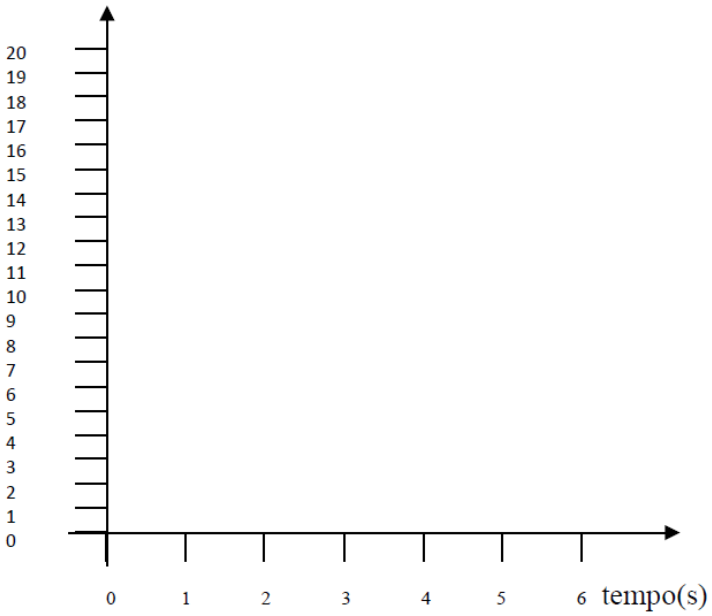
1. A figura representa uma fotografia estroboscópica do movimento da moto. A **velocidade** dela aumenta, diminui ou é constante?



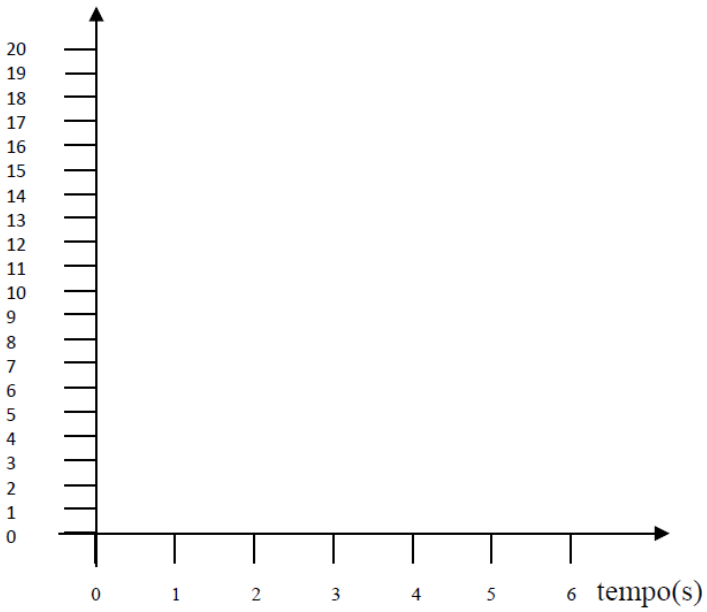
a) Faça o gráfico posição (s) x tempo (t) da moto.

b) Faça o gráfico velocidade (v) x tempo (t), sabendo que a moto partiu da posição zero ($s_0 = 0$).

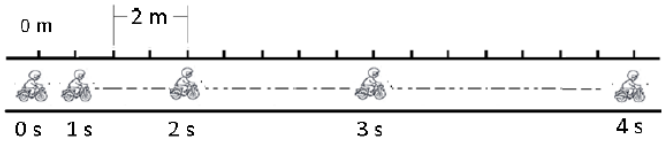
Posição (m)



Velocidade (m/s)



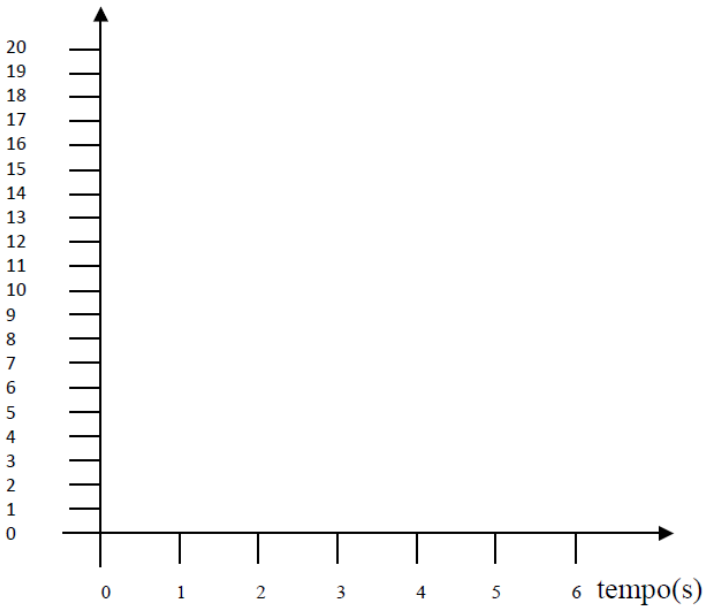
2. A figura representa outra fotografia estroboscópica do movimento da moto. A **velocidade** dela aumenta, diminui ou é constante?



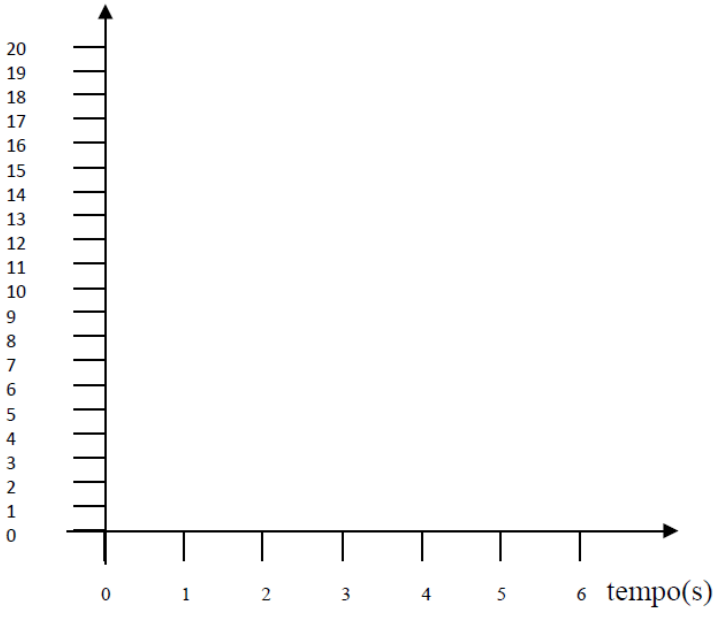
a) Faça o gráfico posição (s) x tempo (t) da moto.

b) Faça o gráfico velocidade (v) x tempo (t), sabendo que a moto partiu da posição zero ($s_0 = 0$), do repouso ($V_0 = 0$) e com aceleração constante a = 2,0 m/s^2.

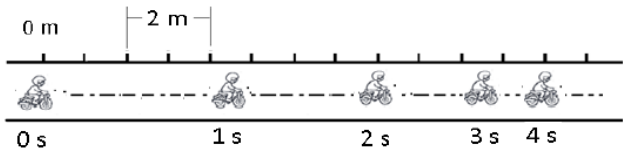
Posição (m)



Velocidade (m/s)



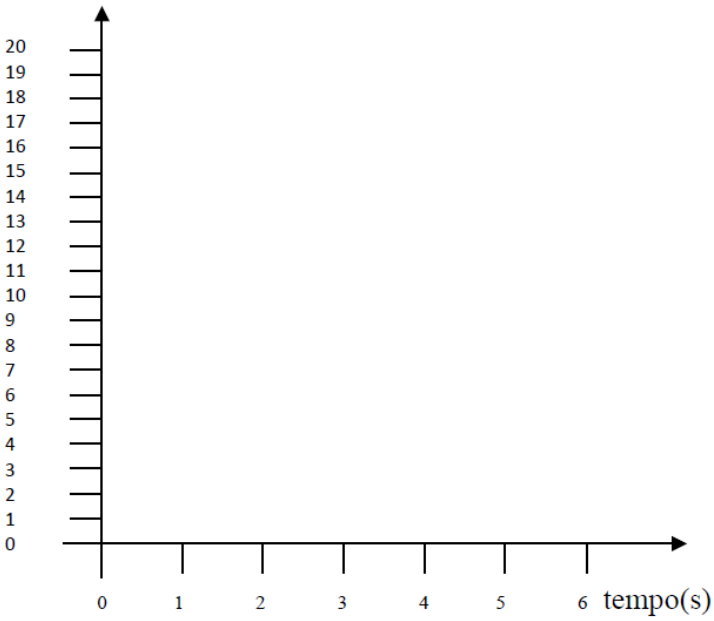
3. A figura representa outra fotografia estroboscópica do movimento da moto. A **velocidade** dela aumenta, diminui ou é constante?



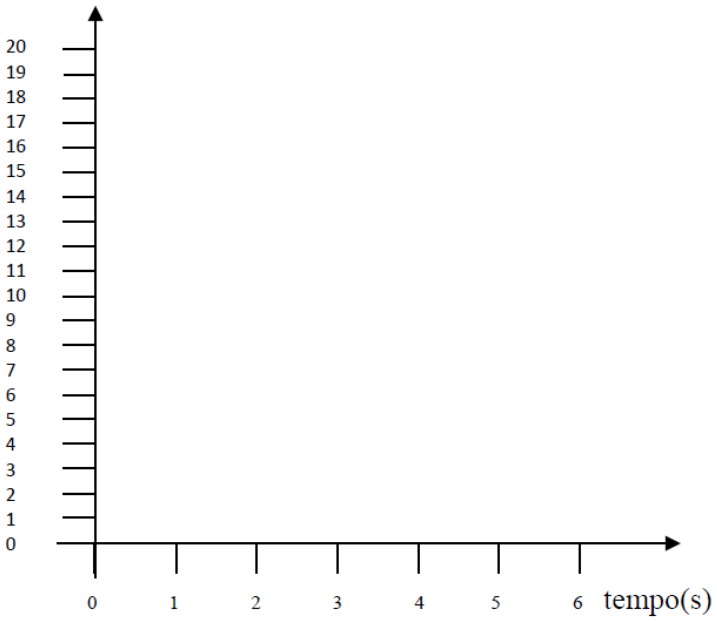
a) Faça o gráfico posição (s) x tempo (t) da moto.

b) Faça o gráfico velocidade (v) x tempo (t), sabendo que a moto partiu da posição zero ($s_0 = 0$), com velocidade inicial $V_0 = 5$ m/s e com aceleração constante a = - 1,0 m/s^2.

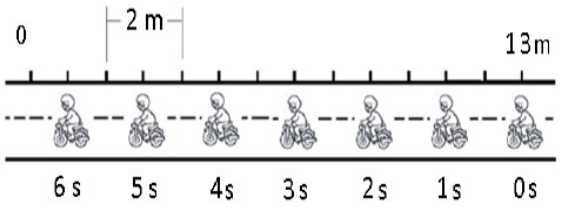
Posição (m)



Velocidade (m/s)



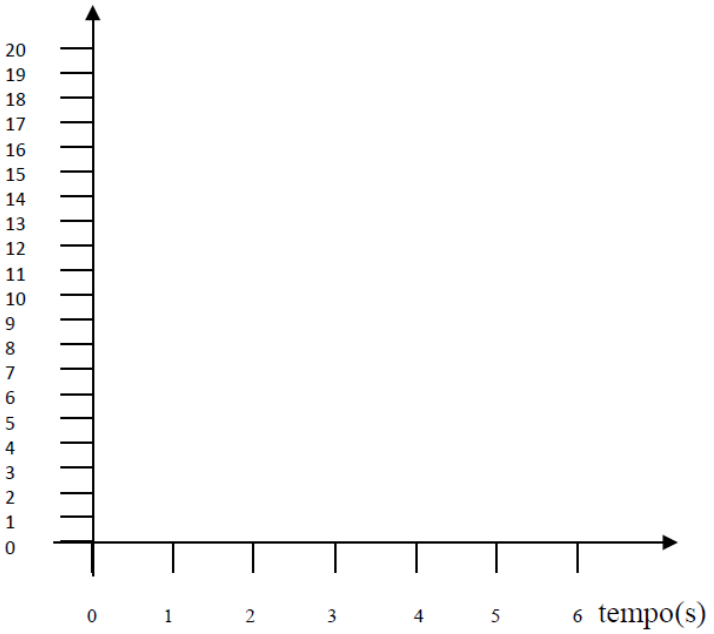
4. A figura representa outra fotografia estroboscópica do movimento da moto. A **velocidade** dela aumenta, diminui ou é constante?



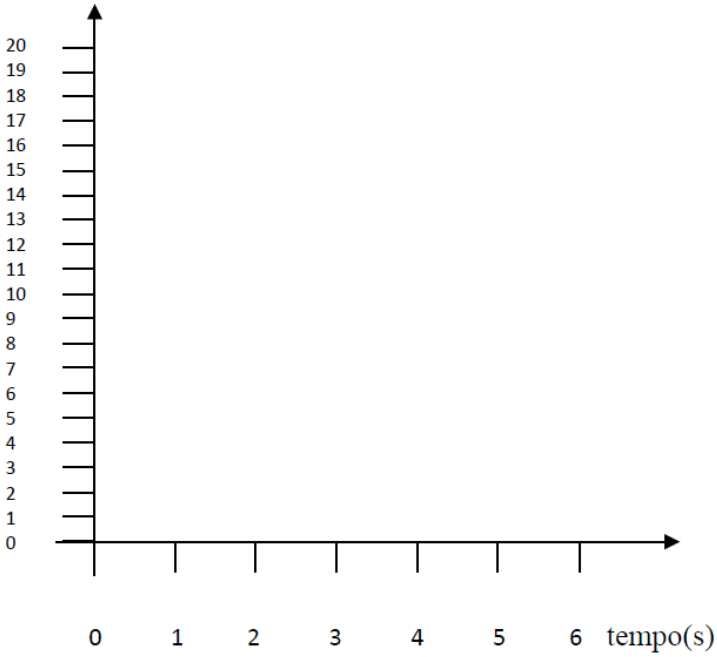
a) Faça o gráfico posição (s) x tempo (t) da moto.

b) Faça o gráfico velocidade (v) x tempo (t), sabendo que a moto partiu da posição 13m ($s_0 = 13$m) e se moveu em direção à posição zero ($s_0 = 0$).

Posição (m)



Velocidade (m/s)



Nomes:_____

_____

Turma:_____ Data:_____

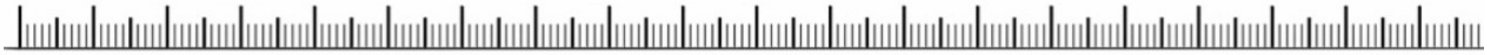
Física – 1º Trimestre – Professor: Júlio

Experimento demonstrativo "Moto na estrada"

Abra o Programa Tracker e carregue o experimento "Moto na estrada"

1- Desenhe o movimento realizado pela moto na estrada.

2- Represente, na régua abaixo, as distâncias percorridas pela moto a cada quadro, ou seja, em intervalos de tempo iguais. **(Use bolinhas ou cruzinhas para representar a moto)**



3- Observando as marquinhas que você fez na régua acima, você acha que a velocidade da moto aumenta, diminui ou é constante? Justifique!

4- Faça um esboço do gráfico da posição em função do tempo do movimento da moto, conforme aparece no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



5- O gráfico apresentado pelo programa se parece com o movimento desenhado? Quais são as semelhanças e as diferenças?

6- Observando o gráfico, você acha que a velocidade da moto aumenta, diminui ou é constante? Justifique!

7. Qual a velocidade da moto pelo gráfico?

Nomes:_____

_____

Turma:_____ Data:_____

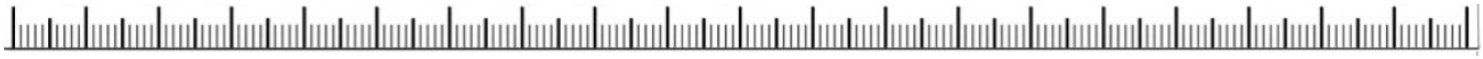
Física – 1º Trimestre – Professor: Júlio

Experimento demonstrativo "Trilho de ar horizontal"

Abra o Programa Tracker e carregue o experimento "Trilho de ar horizontal"

1- Desenhe o movimento realizado pelo carrinho no trilho.

2- Represente, na régua abaixo, as distâncias percorridas pelo carrinho a cada quadro, ou seja, em intervalos de tempo iguais. **(Use bolinhas ou cruzinhas para representar o carrinho)**.



3- Observando as marquinhas que você fez na régua acima, você acha que a velocidade do carrinho aumenta, diminui ou é constante? Justifique!

4- Faça um esboço do gráfico da posição em função do tempo do movimento do carrinho, conforme aparece no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



5- O gráfico apresentado pelo programa se parece com o movimento desenhado? Quais são as semelhanças e as diferenças?

6- Observando o gráfico, você acha que a velocidade do carrinho aumenta, diminui ou é constante? Justifique!

7. Qual a velocidade do carrinho pelo gráfico?

Nomes:_____

_____

Turma:_____ Data:_____

Física – 1º Trimestre – Professor: Júlio

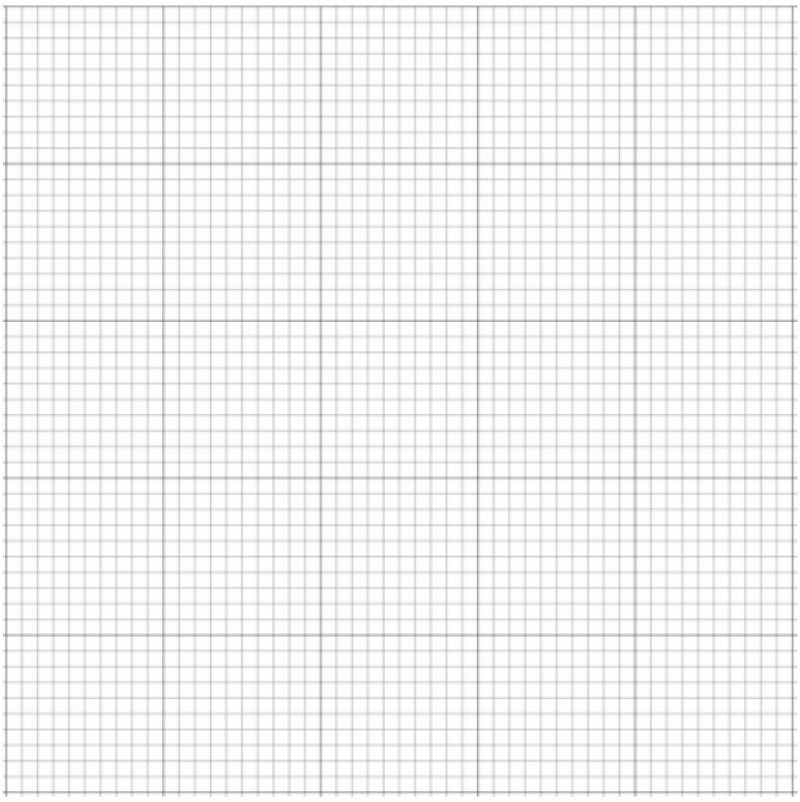
Experimento "Gota de água no óleo"

Suponha uma pequena gota de água descendo por um tubo transparente cheio de óleo colocado na posição vertical. O óleo atrapalha o movimento, por isso a gota de água desce com velocidade constante.

1- Desenhe o movimento que será realizado pela gota de água durante a descida.

2- Represente, **na régua ao lado**, as distâncias percorridas pela gota de água a cada quadro, ou seja, em intervalos de tempo iguais. **(Use bolinhas ou cruzinhas para representar a gota**).

3- Faça um esboço do gráfico da posição em função do tempo do movimento de descida da gota, conforme aparecerá no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



Nomes:_____

_____

Turma:_____ Data:_____

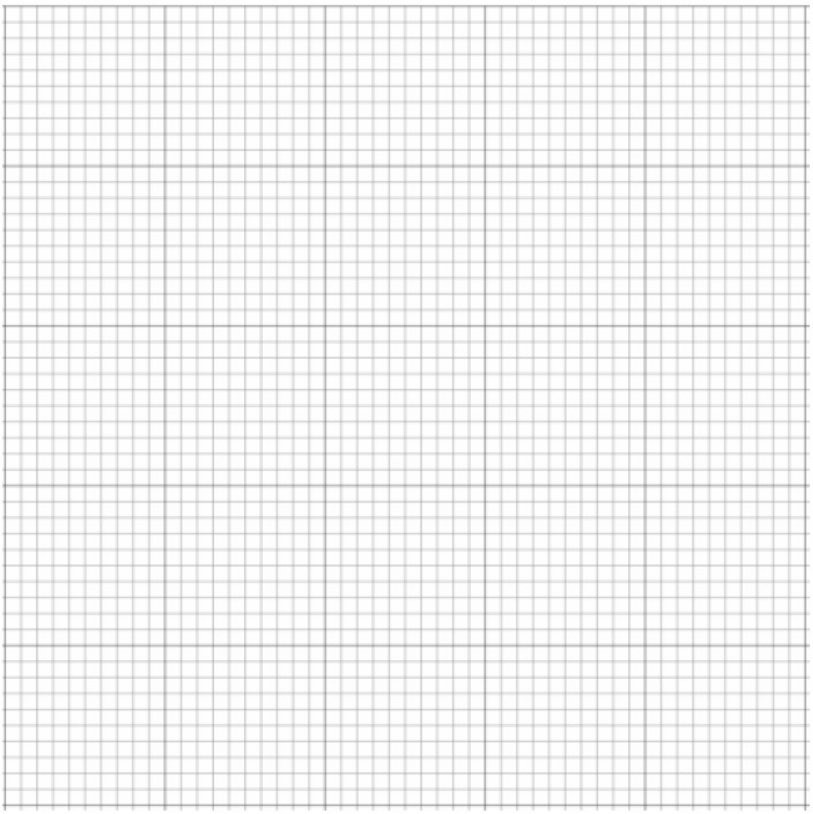
Física – 1º Trimestre – Professor: Júlio

Experimento "Gota de água no óleo"

Abra o Programa Tracker e carregue o experimento "Gota de água no óleo"

1- Represente, **na régua ao lado,** as distâncias percorridas pela gota de água a cada quadro, ou seja, em intervalos de tempo iguais. **(Use bolinhas ou cruzinhas para representar a gota**).

2- Faça um esboço do gráfico da posição em função do tempo do movimento de descida da gota, conforme aparecerá no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



3- Observando o gráfico, você acha que a velocidade da gota de água aumenta, diminui ou é constante? Justifique!

4- Qual a velocidade da gota de água pelo gráfico?

5- Por que o gráfico deu uma reta inclinada?

Nomes:_____

_____

Turma:_____ Data:_____

Física – 1º Trimestre – Professor: Júlio

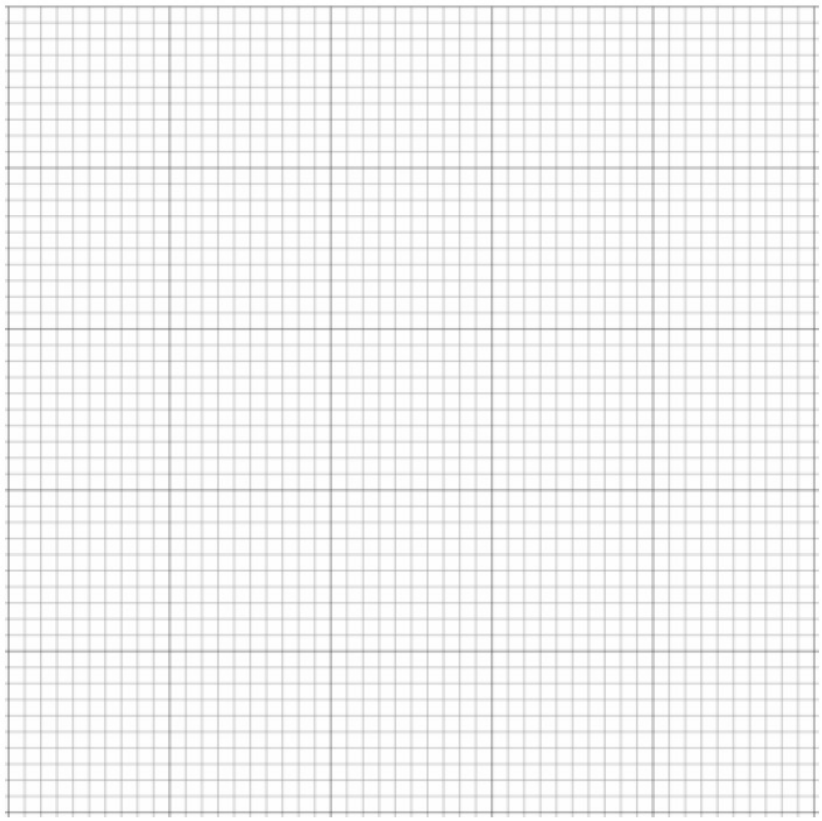
Experimento "Corrida das gotas no óleo"

Suponha uma pequena gota de água descendo por uma garrafa transparente cheio de óleo colocado na posição vertical. Depois, uma segunda gota, de massa maior que a primeira, é colocada na garrafa. A gota de maior massa desce com uma velocidade maior do que a primeira.

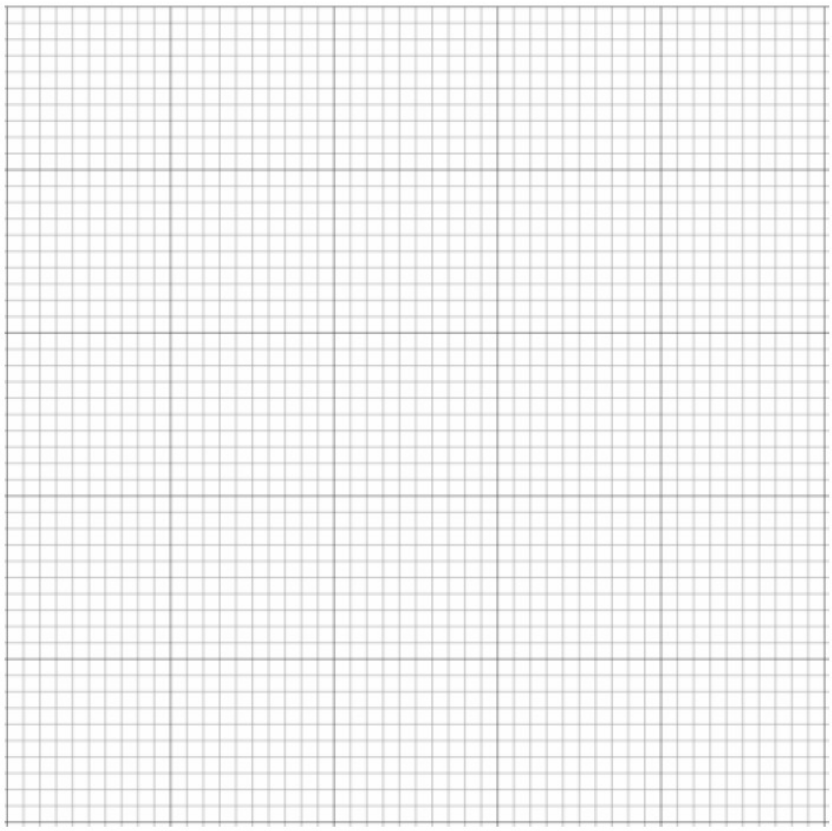
1- Desenhe abaixo o movimento que será realizado pelas duas gotas descendo na garrafa, lado a lado.

2- Represente, **na régua ao lado**, as distâncias percorridas por cada gota a cada quadro, ou seja, em intervalos de tempo iguais. **(Use bolinhas ou cruzinhas para representar cada gota**).

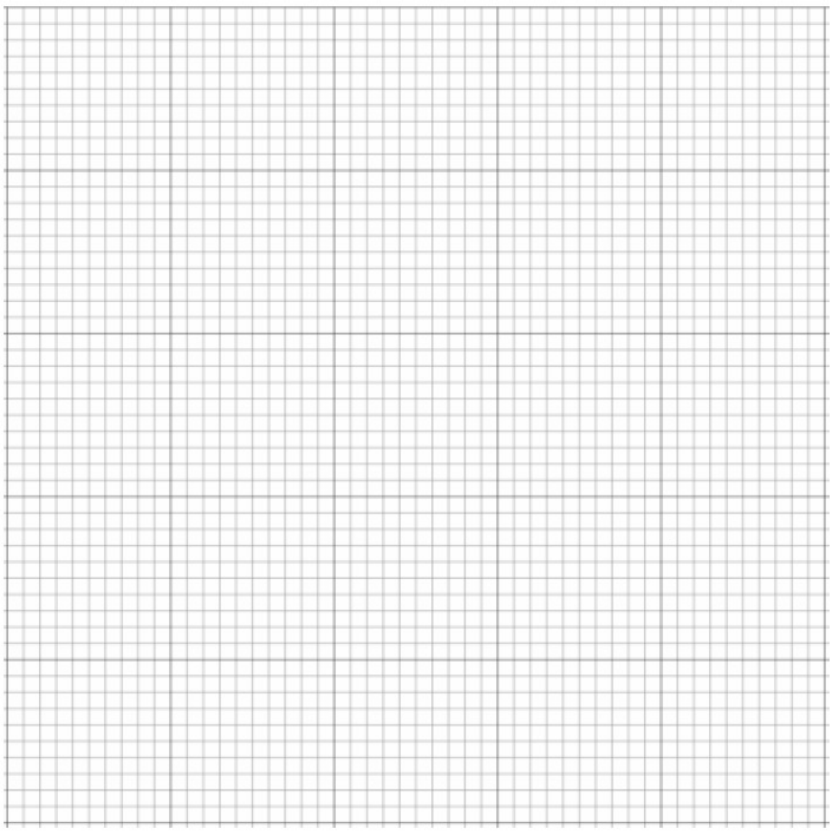
3- Faça um esboço do gráfico da **posição** em função do tempo do movimento da primeira gota (gota menor), conforme aparecerá no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



4- Faça um esboço do gráfico da **posição** em função do tempo do movimento da segunda gota (gota maior), conforme aparecerá no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



5- Esboce, no espaço abaixo, os gráficos de **velocidade** em função do tempo para as duas gotas, conforme aparecerão no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



Nomes:_____

_____

Turma:_____ Data:_____

Física – 1º Trimestre – Professor: Júlio

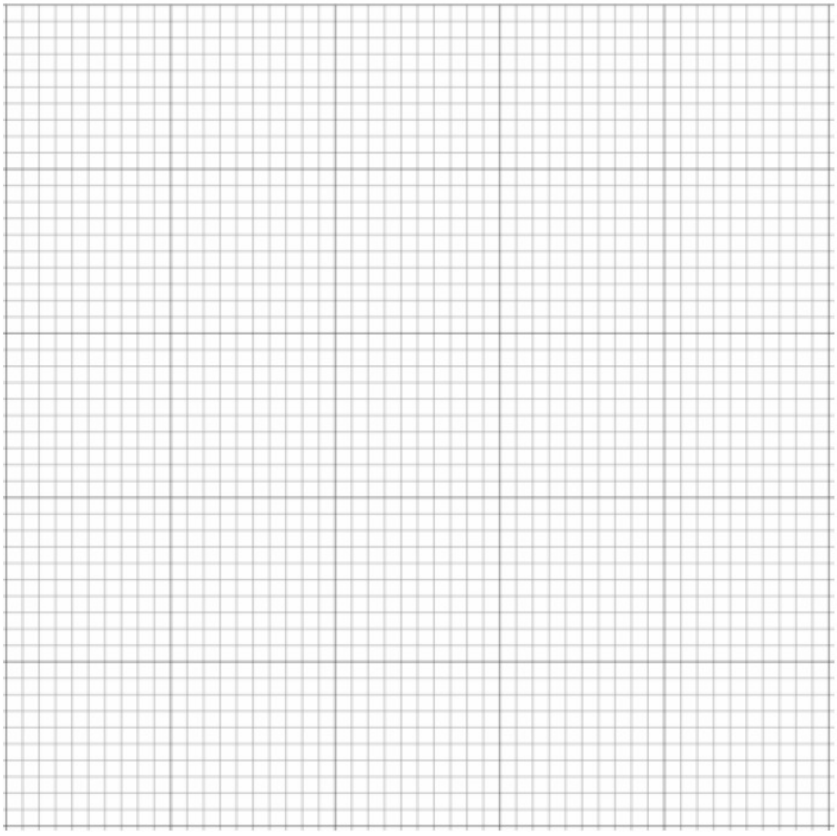
Experimento "Corrida das gotas no óleo"

Abra o Programa Tracker e carregue o experimento "Corrida das gotas no óleo"

Ajuste o referencial para que a posição inicial coincida com o topo da garrafa e o sentido positivo seja o sentido do movimento de descida das gotas de água.

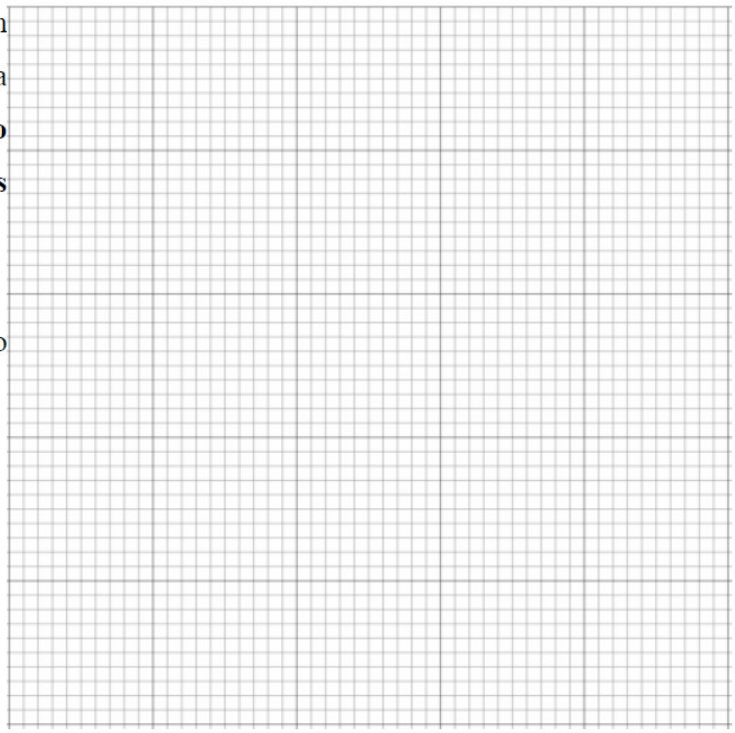
1- Represente, **na régua ao lado**, as distâncias percorridas por cada gota a cada quadro, ou seja, em intervalos de tempo iguais. **(Use bolinhas ou cruzinhas para representar cada gota**).

2- Faça um esboço do gráfico da **posição** em função do tempo do movimento da primeira gota (gota menor), conforme aparece no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



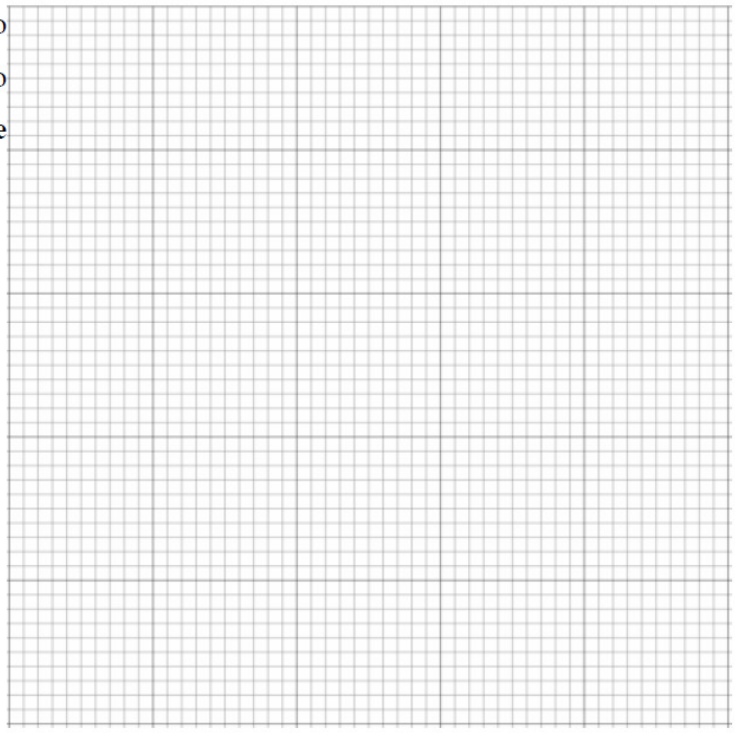
3- Qual a velocidade da primeira gota de água pelo gráfico?

4- Faça um esboço do gráfico da **posição** em função do tempo do movimento da segunda gota (gota maior), conforme aparece no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



5- Qual a velocidade da segunda gota de água pelo gráfico?

6- Esboce os gráficos de **velocidade** em função do tempo para as duas gotas, conforme aparecem no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



7- Por que os gráficos de **posição** em função do tempo das gotas deram retas inclinadas?

8- Por que os gráficos de **velocidade** em função do tempo das gotas deram retas horizontais?

Nomes:_____

_____

Turma:_____ Data:_____

Física – 1º Trimestre – Professor: Júlio

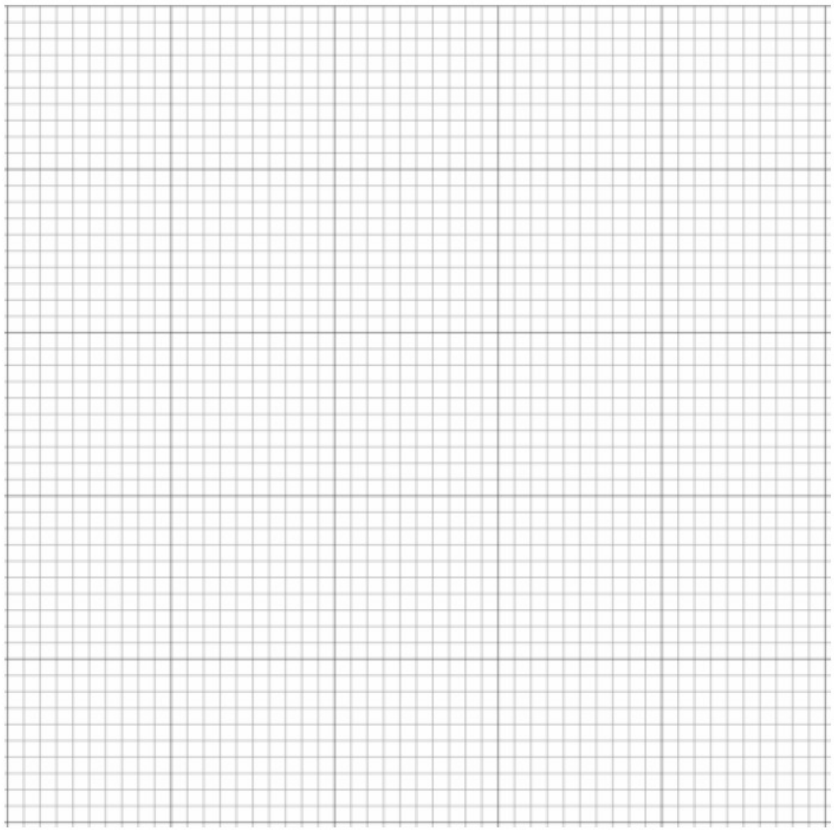
Experimento "Queda da bola"

Suponha uma pequena bola é largada a partir de certa altura.

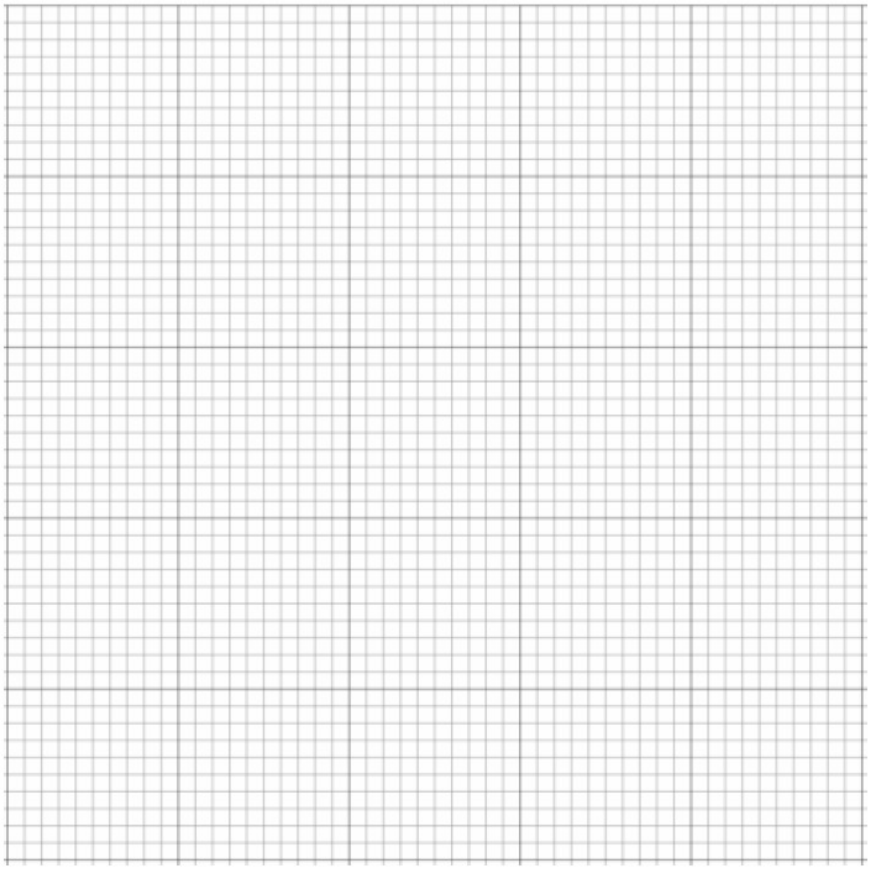
1- Desenhe abaixo o movimento que será realizado pela bola caindo a partir do repouso.

2- Represente, **na régua ao lado**, as distâncias percorridas pela bola a cada quadro, ou seja, em intervalos de tempo iguais. **(Use bolinhas ou cruzinhas para representar cada gota**).

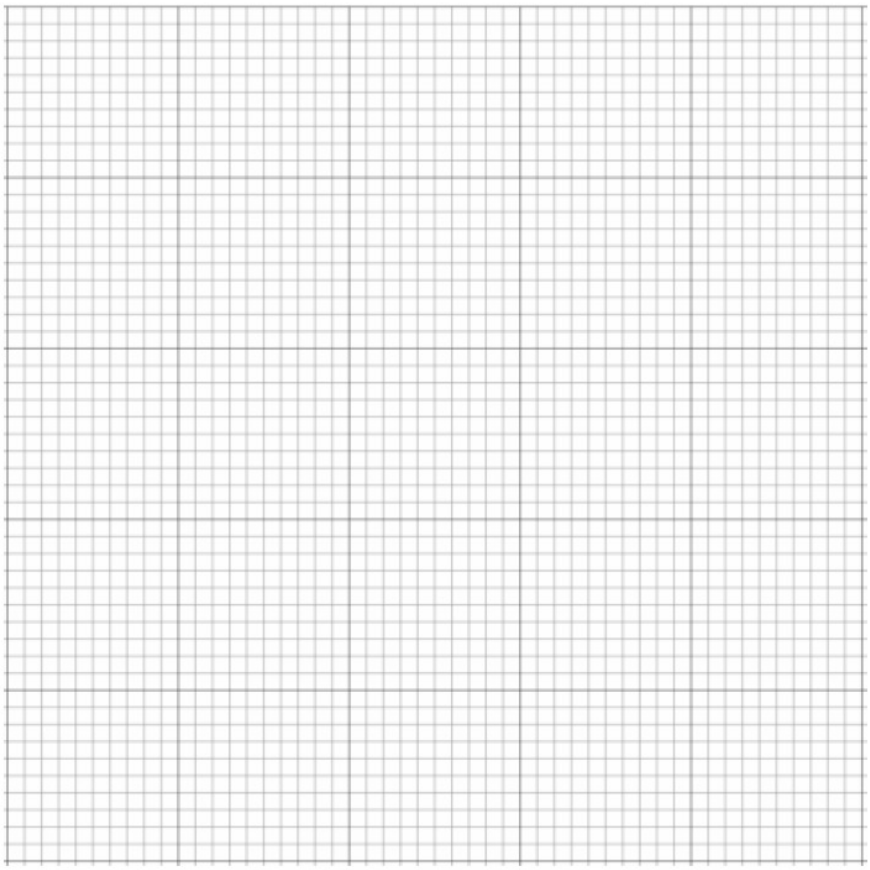
3- Faça um esboço do gráfico da **posição** em função do tempo do movimento da bola, conforme aparecerá no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



4- Faça um esboço do gráfico da **velocidade** em função do tempo do movimento da bola, conforme aparecerá no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



5- Faça um esboço do gráfico da **aceleração** em função do tempo do movimento da bola, conforme aparecerá no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



Nomes:_____

_____

Turma:_____ Data:_____

Física – 1º Trimestre – Professor: Júlio

Experimento "Queda da bola"

Abra o Programa Tracker e carregue o experimento "queda da bola"

Ajuste o referencial para que a posição inicial coincida com o com o da descida e o sentido positivo seja o sentido do movimento de queda.

1- Desenhe abaixo o movimento realizado pela bola caindo a partir do repouso.

2- Represente, **na régua ao lado**, as distâncias percorridas pela bola a cada quadro, ou seja, em intervalos de tempo iguais. **(Use bolinhas ou cruzinhas para representar a bola que cai**).

3- Faça um esboço do gráfico da **posição** em função do tempo do movimento da bola, conforme aparece no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



4- Por que o gráfico de **posição** em função do tempo deu uma parábola?

5- Faça um esboço do gráfico da **velocidade** em função do tempo do movimento da bola, conforme aparece no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



6- Porque o gráfico de **velocidade** em função do tempo deu uma reta inclinada?

7- Faça um esboço do gráfico da **aceleração** em função do tempo do movimento da bola, conforme aparece no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



8- Por que o gráfico de **aceleração** em função do tempo deu uma reta horizontal?

Nomes:_____

_____

Turma:_____ Data:_____

Física – 1º Trimestre – Professor: Júlio

Experimento "Subida na rampa"

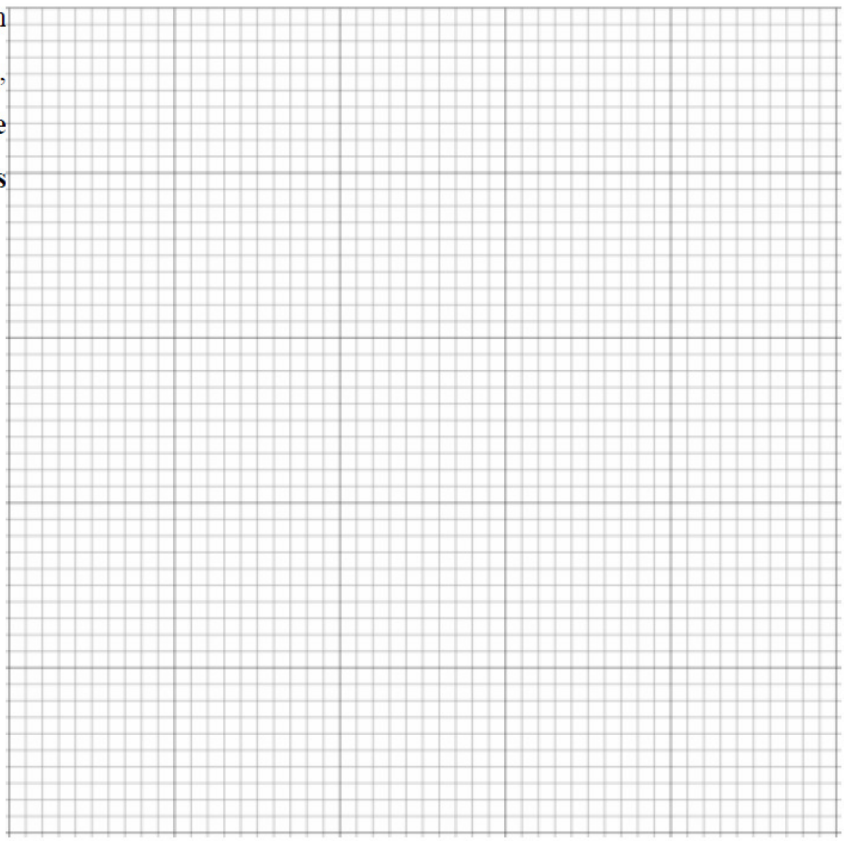
Suponha uma pequena bola sendo rolada sobre uma rampa. A bola é lançada da parte mais baixa da rampa no sentido da parte mais alta.

1- Desenhe abaixo o movimento que será realizado pela bola a partir do lançamento.

2- Represente, na régua ao lado, as distâncias percorridas pela bola a cada quadro, ou seja, em intervalos de tempo iguais. **(Use bolinhas ou cruzinhas para representar a bola que sobe).**



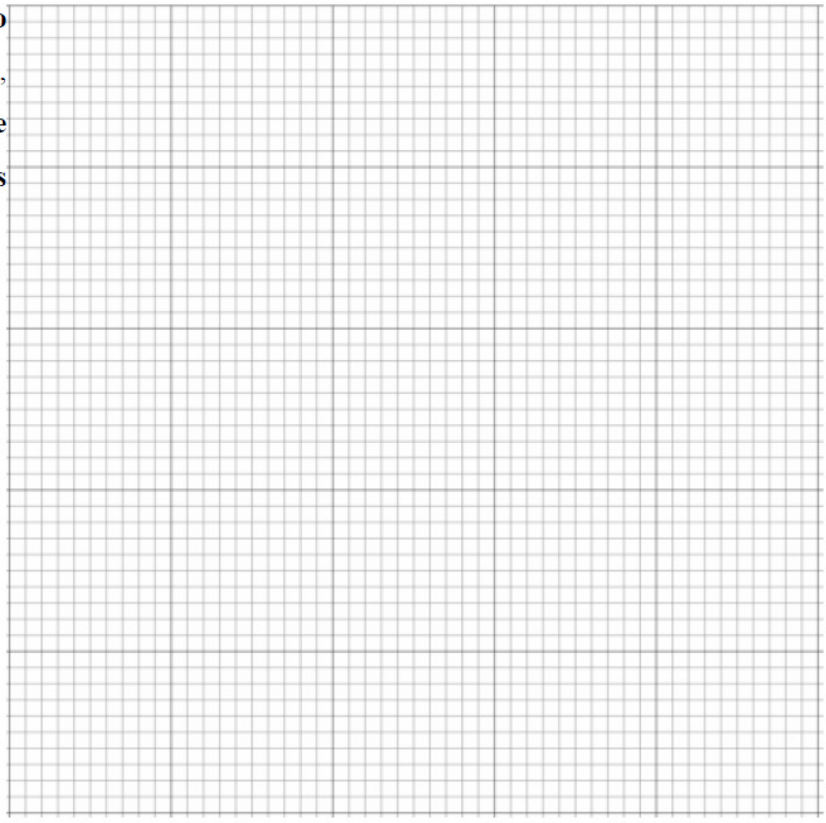
3- Faça um esboço do gráfico da **posição** em função do tempo do movimento da bola, conforme aparecerá no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



4- Faça um esboço do gráfico da **velocidade** em função do tempo do movimento da bola, conforme aparecerá no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



5- Faça um esboço do gráfico da **aceleração** em função do tempo do movimento da bola, conforme aparecerá no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



Nomes:_____

_____

Turma:_____ Data:_____

Física – 1º Trimestre – Professor: Júlio

Experimento "Subida na rampa"

Abra o Programa Tracker e carregue o experimento "Subida na rampa"

Ajuste o referencial para que a posição inicial coincida com o começo da subida e o sentido positivo seja o sentido do início do movimento, ou seja, subindo o trilho.

1- Desenhe abaixo o movimento realizado pela bola a partir do lançamento.

2- Represente, na régua ao lado, as distâncias percorridas pela bola a cada quadro, ou seja, em intervalos de tempo iguais. **(Use bolinhas ou cruzinhas para representar a bola que sobe).**



3- Faça um esboço do gráfico da **posição** em função do tempo do movimento da bola, conforme aparecerá no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**

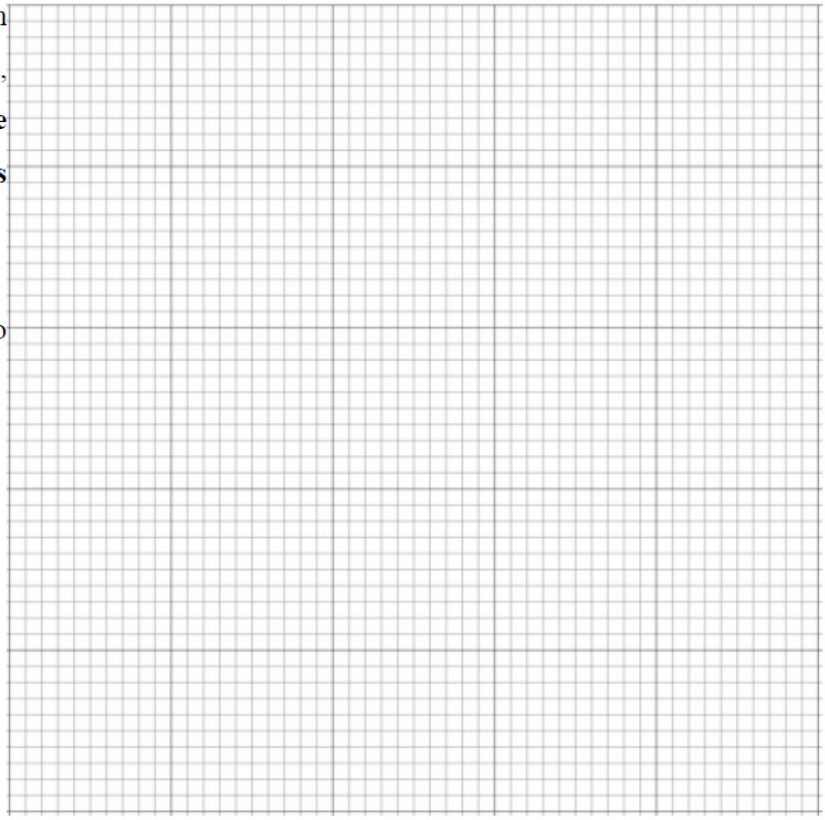
4- Por que o gráfico de **posição** em função do tempo deu uma parábola?

5- Faça um esboço do gráfico da **velocidade** em função do tempo do movimento da bola, conforme aparece no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



6- Porque o gráfico de **velocidade** em função do tempo deu uma reta inclinada?

7- Faça um esboço do gráfico da **aceleração** em função do tempo do movimento da bola, conforme aparece no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



8- Por que o gráfico de **aceleração** em função do tempo deu uma reta horizontal?

9- Comparando os gráficos e as repostas das questões 1 e 2, explique a diferença entre gráfico e trajetória.

Nomes:_____

_____

Turma:_____ Data:_____

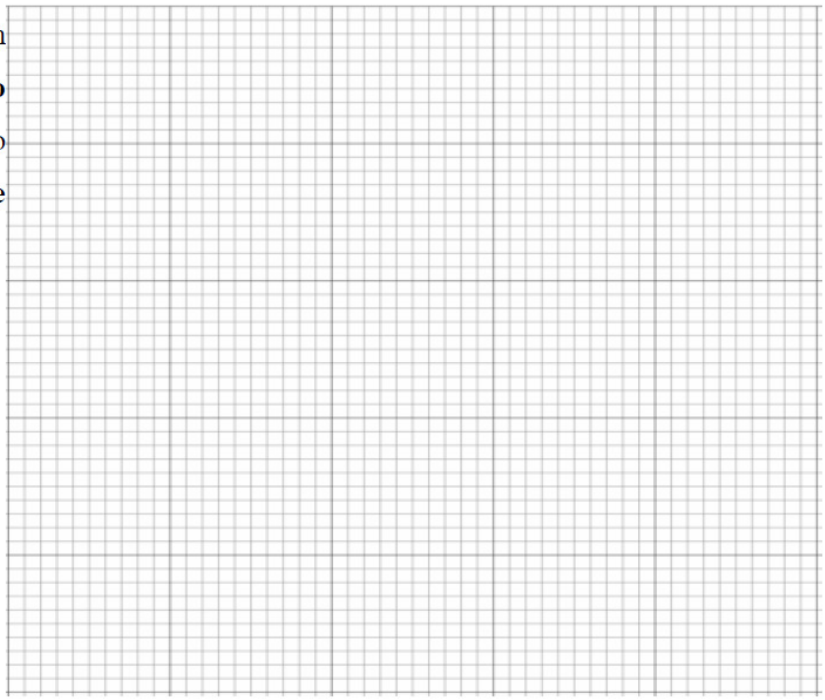
Física – 1º Trimestre – Professor: Júlio

Experimento "Carro entrando no IFF Cambuci"

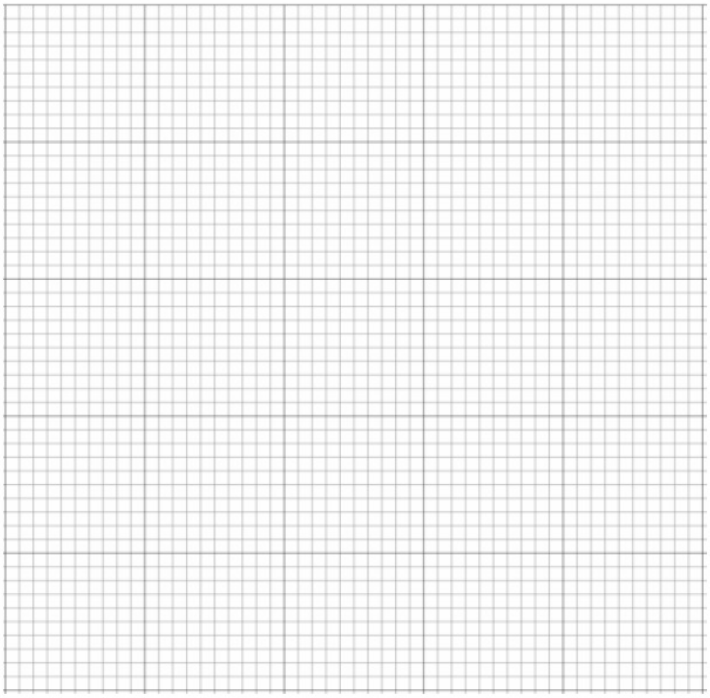
Abra o Programa Tracker e carregue o experimento "Carro entrando no IFF Cambuci"

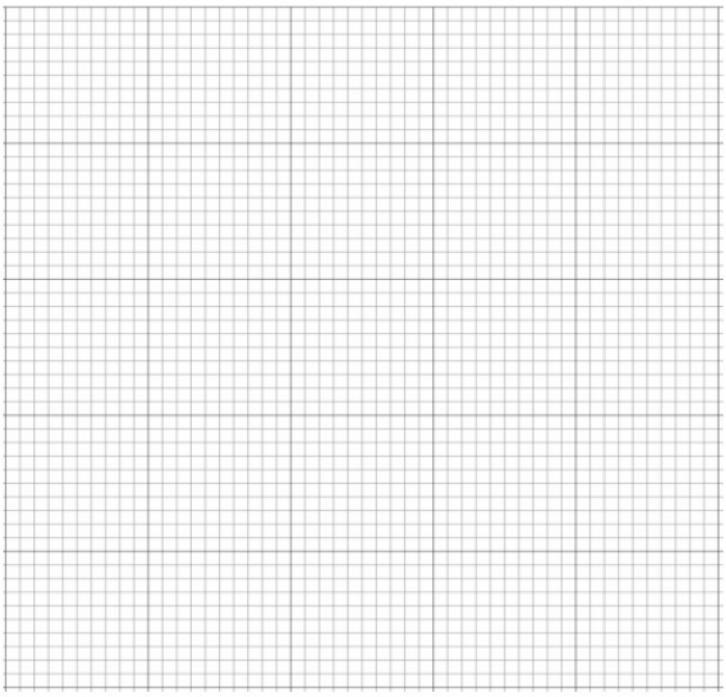
Ajuste o referencial para que a posição inicial coincida com o começo da distância percorrida e o sentido positivo seja o sentido do movimento do carro. Marque as posições do carro a partir da primeira palmeira e meça até a última.

1- Faça um esboço do gráfico da **posição** em função do tempo do movimento do carro, **no primeiro trecho do vídeo**, conforme aparece no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



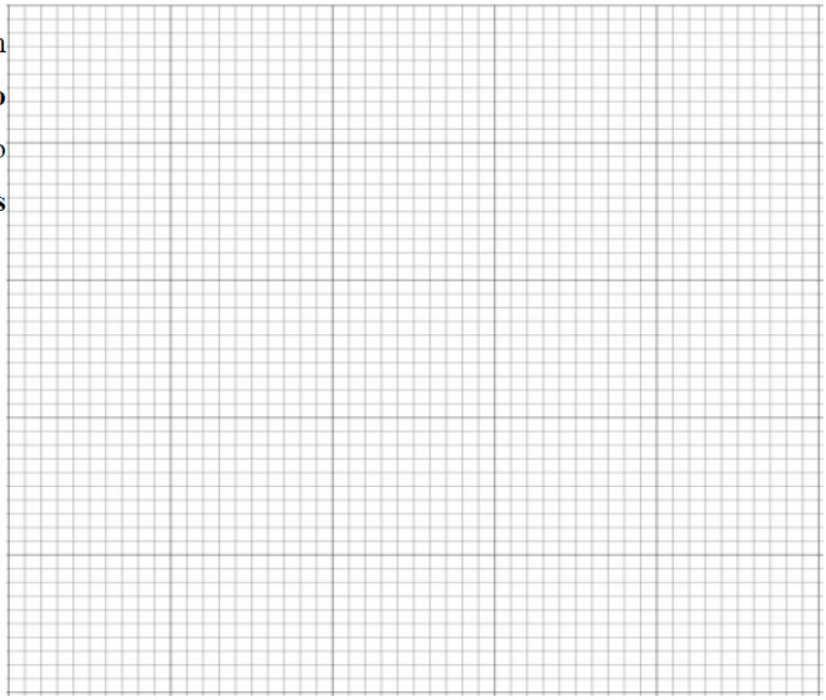
2- Faça um esboço dos gráficos da **velocidade** e da **aceleração** em função do tempo do movimento do carro, conforme aparecem no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



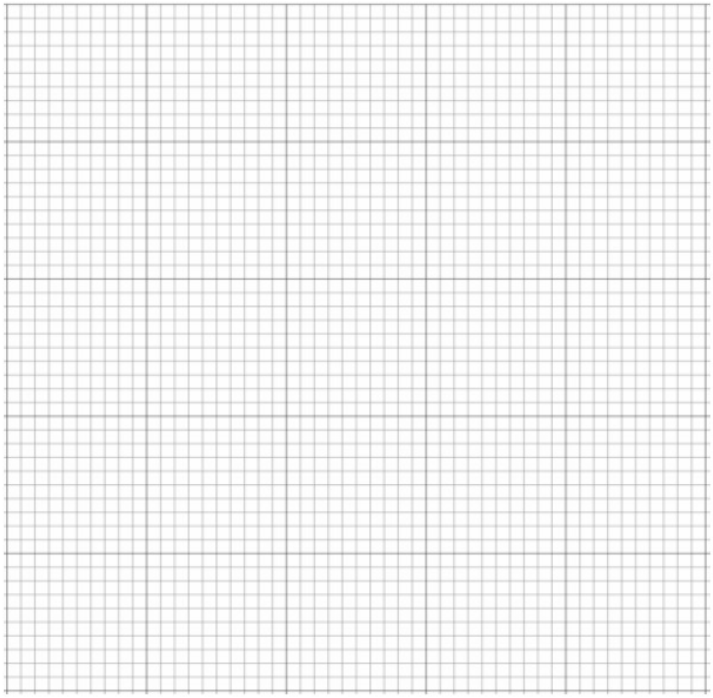


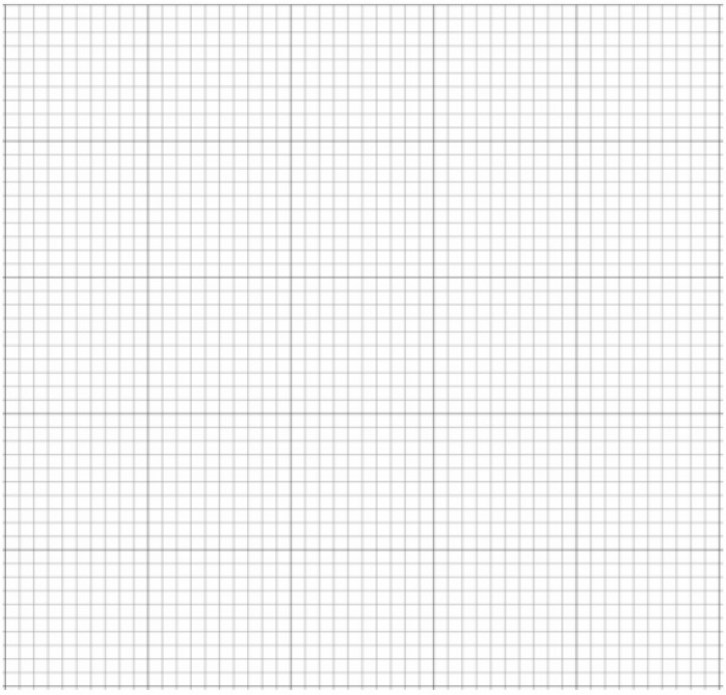
Insira um novo ponto de massa e avance o vídeo para o **segundo trecho**, em que o carro entra no *Campus* acelerando e freando durante o movimento. Repita o procedimento de medida.

3- Faça um esboço do gráfico da posição em função do tempo do movimento do carro, **no segundo trecho do vídeo**, conforme aparece no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**



4- Faça um esboço dos gráficos da **velocidade** e da **aceleração** em função do tempo do movimento do carro, conforme aparecem no programa. **(Não se esqueça de desenhar os eixos e colocar os seus símbolos).**





5- Clique sobre um dos gráficos de velocidade em função do tempo (da massa 1 e da massa 2) com o botão direito e selecione a opção "Analisar". Essa opção abre uma janela especial desse gráfico onde podemos calcular alguns valores a respeito dele. O que vocês vão fazer agora é calcular a área sob o gráfico, isto é, a área da região formada entre a linha do gráfico e o eixo horizontal (no nosso caso, o *t*, o eixo dos tempos). Para isso, selecione a aba "Measure" e seleciona a opção "Area" (esta parte do programa não foi traduzida. *Measure* significa medida e *Area* significa área). O programa marcará a área calculada deixando-a sombreada, mais escura. Essa área vai da linha formada pelos pontos do gráfico até a linha onde o eixo vertical é igual a zero, a posição do eixo horizontal. Além disso, mostrará o valor da área embaixo do gráfico. Copie esse valor na tabela abaixo. Repita esse procedimento para os outros dois gráficos.

Área do gráfico de velocidade **no primeiro trecho do vídeo**	
Área do gráfico de velocidade **no segundo trecho do vídeo**	

6- O que há de semelhante entre esses dados? Compare com a imagem abaixo da entrada do IFF Cambuci, obtida no *Google Maps*: Comente a relação entre essas duas informações.



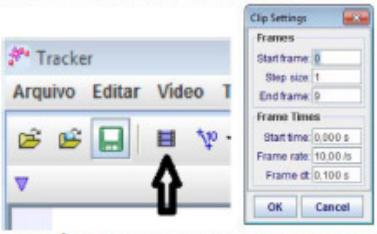
Manual Rápido de utilização do Tracker
Marcação do Pontos

1 – Abra o programa. Em seguida, abra o vídeo (Arquivos – Abrir)

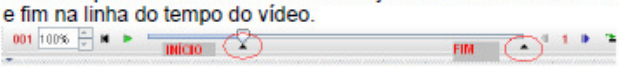
2 - Criar os Eixos das coordenadas  O eixo marcado com um traço indica o eixo X e o seu sentido positivo. Deve ser alinhado com a linha horizontal do movimento do vídeo.

3 – Criar, utilizando a Fita métrica  a marcação da medida conhecida. Ajuste o valor para o valor da medida.

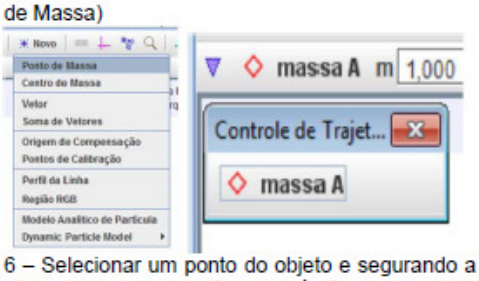
4 – Opção CLIP SETTINGS definir os pontos iniciais e finais do vídeo e o "tamanho dos passos"



Também pode ser feito manualmente ajustando as setas de início e fim na linha do tempo do vídeo.



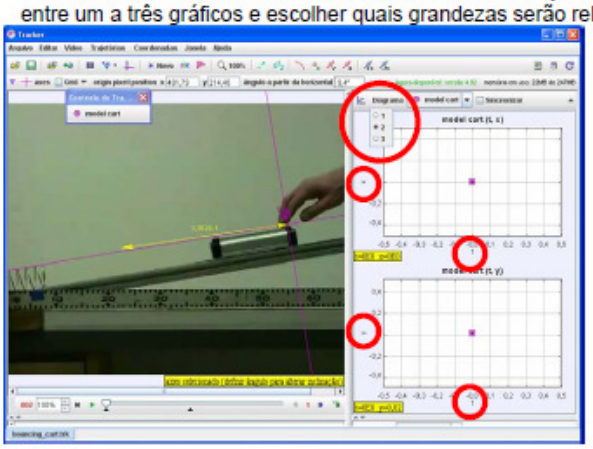
5- Criar um novo ponto de Massa pelo caminho (Novo → Ponto de Massa)



6 – Selecionar um ponto do objeto e segurando a tecla "Shift⇧", ir clicando neste ponto frame após frame (quadro após quadro por segundo) até terminar o movimento desejado



7 – No lado direito da tela selecionar os dados desejados. Pode-se criar entre um a três gráficos e escolher quais grandezas serão relacionadas.

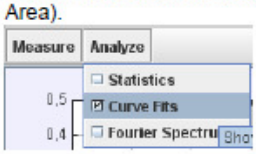


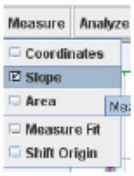
Como exemplo, ao lado foram criados dois diagramas. Um da posição horizontal (x) em função do tempo (t) e outro da posição vertical (y) em função do tempo (t).

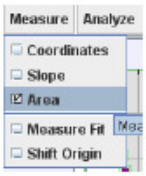
8 – Se desejar fazer medições, clique sobre o gráfico e selecione a opção "Analisar"



A janela abre o gráfico ampliado e permite algumas opções como ajuste dos pontos (Analyze > Curve Fits), medida da inclinação da tangente de algum ponto do gráfico (Measure > Slope) ou medida da área formada pelo gráfico (Measure > Area).







Adaptado de OLIVEIRA, F. A. **Uso de divulgação do software livre tracker em aulas de Física do Ensino Médio,** Dissertação de Mestrado, UTFPR, Curitiba: 2014