

Anexo 1: Questionário base

Assunto: Velocidade Média e Instantânea no ensino médio

P.V.S. Souza* e R. Donangelo†
Instituto de Física
Universidade Federal do Rio de Janeiro

23 de Dezembro de 2011

1 Introdução

Apresentamos neste texto os questionários comentados que nortearam o desenvolvimento de nossa proposta para o ensino dos conceitos de velocidade média e instantânea no ensino médio. Acrescentamos que esta é uma fração de texto mais abrangente desenvolvido por nós junto ao programa de pós graduação em ensino de física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro [?].

2 Velocidade Média: O problema da miniatura

Este conjunto de atividades tem por objetivo principal a construção do conceito de velocidade a partir da consideração de um problema concreto a ser investigado. Começamos propondo um problema cuja solução, esperamos, leve os alunos a construir o conceito de velocidade.

Inicialmente mostramos aos alunos um carrinho na caixa. O carrinho utilizado, uma miniatura de uma Ferrari F248 licenciada pela própria marca, pode ser observada na figura 3.1. Ele pode ser adquirido na internet e na época em que comprado, no segundo semestre de 2010, custou cerca de R\$300,00.

*E-mail:pvictor@if.ufrj.br

†E-mail:donangel@if.ufrj.br



Figura 1 - A miniatura

A caixa do carrinho apresenta um símbolo, 1:10, que representa a proporção entre a Ferrari real e a miniatura. Depois de mostrar a caixa aos alunos passamos a primeira pergunta, a saber:

1.1) Observem a expressão 1:10 na caixa. O que significa?

Esta pergunta que, em nossa primeira experiência, foi respondida com facilidade por um grande percentual dos alunos (cerca de 80%), pretende trazer a tona a proporção entre o carro real e a miniatura. A expressão 1:10 reforça a pertinência da linguagem matemática para expressar certas idéias. A importância da matemática na descrição do “mundo” pode ser brevemente discutida sem perda de foco.

1.2) Será que o carrinho também é tão rápido quanto o carro real na escala 1:10? Ou seja, será que o carrinho é 10 vezes menos rápido do que o carro real?

Nosso intuito é chamar atenção a possibilidade da escala se aplicar também à rapidez do carrinho. Neste momento evitamos utilizar a palavra velocidade mesmo que algum aluno a use. Pretendemos que o conceito seja construído antes que um nome seja dado ao conceito, como enfatiza A. Arons [?]. Logo, preferimos utilizar o termo rapidez.

1.3) Se uma Ferrari F248 real anda a 300km/h nas retas, quantos metros anda em uma hora? Quantos metros anda em um minuto? Quantos metros anda em um segundo?

Nesta questão os alunos farão a primeira estimativa quantitativa em nossas atividades. Este é um momento muito oportuno para estudar transformações de unidades. Neste respeito desejamos acrescentar que diferente do que acontece na maioria dos livros didáticos, acreditamos que as transformações de unidades podem ser mais eficazmente trabalhadas quando inseridas num contexto, quando imersas num problema real, tal como este. Ademais, acreditamos que a mudança de unidade quando trabalhada e realizada paulatinamente, passo-a passo, evita que o aluno se esforce em “decorar” um procedimento pois remete os alunos a estudos preliminares realizados sobre o assunto no ensino fundamental. Em suma, nosso desejo é que o aluno entenda a transformação de unidades na física como uma coisa nova, porém, composta de coisas que ele já conhece e com as quais já está familiarizado. Salientamos a importância de tratar a mudança de unidades desta forma pois, aparentemente, há um preconceito geral por parte dos alunos contra qualquer coisa que use matemática porque, segundo acreditamos, isso lhes remete, muito provavelmente, às dificuldades e insucessos vividos anteriormente. Logo, a apreciação da atividade depende em muito da disposição dos alunos em realizá-la, o que pode ser fortemente influenciado pela crença de que a mudança de unidades é fácil e está “ao alcance deles”.

1.4) Para que o carrinho seja 10 vezes menos rápido do que o carro real, aproximadamente, quantos metros ele teria de andar em um segundo? Podemos verificar se isso é realmente assim? Lembre-se que o carrinho não tem velocímetro.

É de responsabilidade dos alunos propor um método para determinar quantos metros a miniatura anda em um segundo. A ausência do velocímetro direciona a atenção para o fato de a estimativa precisar ser realizada por eles mesmos diretamente. Neste respeito, revelamos ao leitor que o envolvimento dos alunos nesta parte da atividade varia de turma para turma: Por um lado, nas turmas em que pelo menos alguns alunos questionadores eram questionadores, a tendência é que estes sugiram como realizar a estimativa e os demais os acompanhem sem dificuldades e até interfiram fazendo ponderações. Por outro lado, nas turmas em que não havia este aluno “precursor”, fez-se necessário que o professor oferecesse dicas e/ou perguntas que demonstrem aos alunos a plausibilidade e naturalidade do problema. Com isso, obteve-se uma participação razoável da maioria. Em suma, de algum modo, os alunos precisam perceber que é possível resolver o problema, que não é algo além da capacidade deles.

1.5) Como poderemos medir as distâncias? E o tempo?

Esta pergunta é óbvia para alguns mas não trivial para outros. Temos por objetivo reforçar que atividade está “ao alcance de todos” (e este é um aspecto essencial) e refere-se a um problema real, concreto. Por isso, lembramos aos alunos que a distância e o tempo podem ser medidos com objetos comuns tais como régua, trena, relógio, celular, etc. Quando esta atividade foi desenvolvida, a distância foi medida com uma trena de 3 metros e o tempo com cronômetros de celulares dos próprios alunos.

1.6) Como faremos para verificar se medimos corretamente? Como podemos saber se não erramos na medida? Por exemplo, como saber se não erramos uma conta de multiplicar?

Desejamos conscientizar os alunos da existência de erros intrínsecos ao processo de medição. Todavia, apresentamos também uma possível solução para minimizar os erros: repetir e comparar. Uma forma de fazê-lo, em nosso caso, é sugerir que o tempo seja marcado por mais de um aluno e que as medidas sejam comparadas. Em nossa aplicação teste, cinco alunos realizaram a medição e o tempo que usamos foi a média dos tempos encontrados por eles. A mensagem desta questão é: toda vez que medimos, erramos; se repetimos, diminuímos a possibilidade dos erros acontecerem. Assim, ao utilizarmos a média aritmética dos valores, minimizamos os erros.

1.7) Qual o tamanho ideal para pista?

O tamanho ideal da pista está atrelado a quantos metros o carrinho teria de andar por segundo se a escala fosse aplicável a rapidez da miniatura numa situação idealizada. Os alunos conseguiram afirmar com certo conforto que o carrinho precisaria andar $30km/h$ para que a escala fosse aplicável a rapidez. Eles perceberam também que trabalhar nestas unidades inviabiliza a realização de qualquer estimativa e que por isso, é preciso modificá-las. O resultado obtido após a mudança de unidade é $8,3m/s$ e sugeri que a pista tenha pelo menos este tamanho. A pista que contruímos tinha 10 metros, segundo os próprios alunos, um valor “redondo” foi, inicialmente, obtida demarcando o chão com giz. Em seguida, por razões que esperamos que se tornem óbvias logo, demarcamos a pista com suportes para fixação de bexigas, de metro em metro. A segunda versão da pista assim como os objetos que utilizamos para demarcá-la podem ser observados nas figuras abaixo.



Figura 2 - A pista construída na quadra do colégio



Figura 3 - Objetos para marcação da pista: Suportes para bexiga

1.8) Queremos determinar a quantidade de metros que o carrinho percorre por segundo para comparar com o resultado que obtivemos na questão 1.3. Já temos uma medida de distância, por meio das referências da pista, e já sabemos como medir o tempo, por meio do cronômetro do celular. No entanto, como calcularemos quantidade de metros que o carrinho percorre por segundo?

Inicialmente reafirmamos que o método é simples e factível. A pergunta que se segue pretende integrar a discussão os alunos que por ventura ainda não perceberam o que fazer com as informações obtidas. Entrementes, observou-se que a maioria percebeu como proceder para estimar a quantidade de metros que o carrinho anda em um segundo logo após a coleta de dados.

1.9) Vamos nos inspirar: Suponha que após um ano guardando dinheiro da mesada, Carlos juntou 3000 reais. Em média, quanto poupou por mês?

Este é o primeiro momento em que utilizamos as já outrora descritas analogias com situações envolvendo dinheiro. Acreditamos, o que se verificou de fato, que exemplos com dinheiro são aceitos pelos alunos de forma bem natural porque correspondem a questões que direta ou indiretamente fazem parte de seu dia-dia. Em particular, a questão proposta acima, facilmente resolvida pela maioria dos alunos, sublinha a idéia de que a quantidade de dinheiro que ele ganha por mês pode ser obtida dividindo o total que ganhou pelo tempo que demorou para reuni-lo.

1.10) No exercício anterior, tomamos o valor total poupado por Carlos e dividimos pelo tempo, em meses, que ele demorou para reuni-lo. O resultado nada mais é do que a relação R\$/mês, ou seja, a quantidade de dinheiro que, em média, ele guardou a cada mês. Se ao invés de dinheiro (R\$) tivéssemos a distância percorrida pelo carrinho (metros), qual será o significado de dividir essa distância pelo tempo? Vamos explorar esta questão.

Este é o momento que escolhemos para realizar o experimento: Marcamos a pista; colocamos

o carrinho para funcionar e medimos o tempo. Com esta informação nas mãos, passamos à próxima pergunta.

1.11) Qual é a relação metros/segundos para o movimento do carrinho? Lembre-se do que fizemos na questão 1.9. O que representa esta relação? Em outras palavras, o que nós calculamos? Ou ainda, que informação do carrinho está contida na relação metros/segundos?

Haja vista o que realizamos na pergunta 1.9, esperávamos que os alunos encarassem esta questão com naturalidade, o que, de fato, se verificou; os alunos são impelidos a calcular a relação metros/segundos tal como fizeram anteriormente com o problema envolvendo dinheiro. As perguntas subsequentes, que compõem a questão, pretendem remeter os alunos a “o que estão fazendo”. O objetivo é forçá-los a atribuir um significado a relação calculada. Ao fim desta etapa, o conceito de velocidade é apresentado de forma tão particular quanto possível. Consiste apenas em **nomear** algo com que os alunos já se familiarizaram. Eles devem perceber que aquilo que buscaram e encontraram mediante a consideração das perguntas precedentes foi a velocidade do carrinho. Esta forma de construir o conceito de velocidade é, segundo pensamos, uma resposta apropriada às considerações que fizemos nos capítulos dois e três desta tese. Concordemente, resolvemos que “a quantidade de metros que o carrinho anda em um segundo” se chama velocidade. Ademais, adjetivamos esta velocidade de **média** porque é calculada para a totalidade do percurso e não para algum ponto específico, considerando que, em geral, a velocidade varia ao longo de um movimento. Acreditamos fortemente que a introdução deste conceito deste modo facilita a atribuição de um significado ao significante que lhes surgiu (aos alunos) durante a discussão das questões precedentes.

1.12) A Ferrari real e a miniatura alcançam, dentro da escala informada pelo fabricante, a mesma velocidade numa situação ideal?

Pretende-se com esta pergunta apenas ratificar a conclusão a que alguns alunos já chegaram ao responder o item anterior.

1.13) Como podemos verificar a confiabilidade do procedimento que realizamos? Como se faz isso nos esportes em geral, como por exemplo, no atletismo?

A confiabilidade da experimentação é um aspecto importante de nossa investigação. O sucesso da atividade depende em muito dos alunos “acreditarem” e confiarem no que estão fazendo por si mesmos. Saiba o leitor, no entanto, que o erro na marcação do tempo é inerente ao experimento¹. Isto fez-nos crer que um experimento adicional, capaz de corroborar ou não com o resultado do anterior, se fez necessário e é desejável. Pretendemos com esta pergunta voltar a atenção dos alunos à possibilidade de utilizar recursos eletrônicos e/ou áudio visuais para testar a veracidade do resultado obtido tal como se faz no esporte profissional quando há dúvidas sobre quem ganhou uma corrida, se

¹A precisão de cada celular é diferente, alguns são mais sensíveis ao toque, alguns alunos “dão bofeira” e disparam ou param o cronômetro com retardo, etc.

uma bola entrou ou não, etc.

1.14) Como podemos utilizar recursos eletrônicos e/ou audiovisuais para verificar a confiabilidade de nosso experimento?

Pretendemos com esta questão dar aos alunos a liberdade de confabular sobre como os recursos eletrônicos e/ou audiovisuais podem ser utilizados. Naturalmente, temos uma idéia em mente e, no momento oportuno, esta deve aparecer através de uma pergunta mediadora: **“Se nosso problema é com a marcação do tempo, que recurso nos poderia ser útil para que tivéssemos uma marcação confiável do tempo?”** Esta pergunta conduz-nos inescapavelmente à utilização de uma câmera digital e à gravação de um vídeo didático. O aparato utilizado para realização do vídeo é descrito no apêndice A. A gravação foi realizada no mesmo local da experimentação inicial. No entanto, a pista precisa de marcações de metro em metro (esperamos que o motivo desta especificação fique claro a seguir).

1.15) Utilizando o programa VirtualDub, analise o vídeo. Quanto tempo o carrinho demora para percorrer cada metro? Em média, quanto tempo demora o carrinho para percorrer um metro?

Depois de confeccionado, o vídeo foi transferido para o notebook e teve o seu conteúdo analisado pelo software livre VirtualDub². Este software nos possibilita analisar o vídeo produzido quadro a quadro e construir uma tabela com o intervalo de tempo correspondente a cada metro de nossa pista³. Salientamos, entretanto, que os alunos não sabem, a priori, que construir uma tabela é a melhor forma de registrar os dados com objetivo de compará-los. Concordemente, recomendamos, tal como se fez em nosso caso, que os alunos não sejam orientados sobre como registrar os dados. A percepção do valor de registrar os dados em tabelas é reforçada se percebida diretamente pelos alunos, com o mínimo de ajuda. Uma breve discussão sobre a organização de dados talvez seja necessária. Com a tabela montada os alunos são capazes de informar com facilidade quanto tempo o carrinho demorou para percorrer cada metro. Esta é uma boa oportunidade também para que eles recapitem o conceito de média aritmética, abordado no começo do ensino fundamental mas talvez já “esquecido”. Esclarecemos ao leitor que a utilização do aplicativo permite-nos, além de estimar com precisão os tempos associados ao movimento do carrinho, apresenta aos alunos um novo modo de encarar o estudo de física, uma nova ferramenta que, pela facilidade de manipulação, poderá ser utilizada em ocasiões posteriores. Assim, os alunos estudam o movimento do carrinho e ganham de “brinde” a familiarização com uma formidável ferramenta didática cujo uso é trivial e cujas aplicações são inúmeras. Embora seja opcional, desejamos relatar ao leitor que a transição entre esta pergunta e a próxima foi realizada através de um questionamento, a saber: **Os dados presentes em nossa tabela se harmonizam com o experimento que realizamos anteriormente?** Como discutiremos poste-

²Detalhes a respeito do VirtualDub podem ser encontrados no apêndice B.

³Os alunos precisarão estimar as distâncias realizando medições diretamente na parede ou na tela de projeção. Em nosso teste pedimos que cada aluno realizasse uma medida. Seu resultado era, em seguida, conferido por um colega.

riormente, poucos alunos se arriscaram a opinar. Contudo, alguns poucos, mediante pensamento proporcional, se esforçaram em construir e expressar uma compreensão, ainda que errada, entre as informações obtidas diretamente e por meio do VirtualDub. Os demais alunos, contudo, têm na próxima pergunta uma oportunidade adicional e mais óbvia de relacionar os dados.

1.16) Ainda utilizando o VirtualDub, você consegue estimar que distância o carrinho anda, em média, por segundo?

Neste momento os alunos são confrontados diretamente com um método capaz de permitir-lhes comparar os dados. Por meio do VirtualDub, os alunos são capazes de, movimentando o cursor da barra de tempo no aplicativo, verificar quanto anda o carrinho em cada segundo. Naturalmente, quando o “timer” do aplicativo indica um segundo, o carrinho não está sobreposto a nenhuma das marcas da pista. Uma pergunta intermediária pode ser feita: **Como vamos saber quando mede este pedacinho?** Muitas sugestões surgiram, dentre as quais escolhemos uma: Aproveitar que a imagem está projetada na parede e medir diretamente na figura, com uma régua, o tamanho do “pedaço” assim como a distância entre duas marcas na pista (que na realidade distam um metro) e fazer uma “regra de três”. Com este processo, os alunos foram capazes de obter as informações requisitadas e foram, mais uma vez, estimulados a registrá-las por meio de uma tabela e estimar quantos metros o carrinho em cada segundo (em nosso caso, por conta do tamanho que escolhemos para pista, são possíveis apenas cerca de três cálculos).

1.17) Os dois métodos oferecem o mesmo resultado?

Esta pergunta solicita a mera comparação entre os resultados obtidos.

1.18) Quantos quilômetros o carrinho andaria em um hora?

Nesta questão pede-se dos alunos que traduzam os dados obtidos em uma unidade diferente. Isto constitui um processo inverso ao realizado anteriormente. Acreditamos, ademais, que este é um momento oportuno, nem precoce nem tardio, de generalizar o conceito de velocidade. O contato que os alunos já tiveram com o conceito leva-nos a crer que não se surpreenderão em saber que assim como podemos medir o tempo e a distância em diferentes unidades, a velocidade também pode “aparecer” medida em diferentes unidades. Concomitantemente, dali para diante, a velocidade foi apresentada como a distância percorrida no intervalo de tempo considerado **independente das unidades**. Pensamos esta generalização como um aprofundamento natural e necessário do conceito. No entanto, ressaltamos a importância de apresentar o conceito paulatinamente aos alunos. Ser impreciso sem mentir é “um mal necessário”. Por exemplo, quando conhecemos alguém por encontrá-lo pela primeira vez, nos apresentamos e dificilmente falamos nosso nome todo. Parece-nos razoável que o primeiro nome seja o suficiente num primeiro contato. Não mentimos, apenas fornecemos a informação incompleta ou imprecisa porque acreditamos que naquele momento, ela basta. A intimidade torna necessária uma apresentação mais completa. O mesmo acreditamos ser para o estudo de física, em particular, para o

estudo da cinemática e dos conceitos de velocidade e aceleração. Assim, o conceito amadurece e se torna mais preciso a medida que o contexto e os problemas exigirem isso. Deveras, para um agricultor, pensar que o Sol orbita em torno da Terra é mais do que suficiente para lidar com os problemas que a vida lhe impõe diariamente.

1.19) Vamos explorar um pouco mais este ponto: A que velocidade em km/h corresponde uma velocidade de 35m/s? Vamos nos inspirar: Uma pessoa ganha 3000 por mês, quanto ganha por dia? E por hora, se trabalha cinco dias por semana, oito horas por dia? Quanto ganha em dólares? E em euros? Consulte as taxas de conversão na internet.

Não desejamos que nosso trabalho vos pareça prolixo. Entrementes, nossa experiência indica que a abordagem das transformações de unidade que fizemos até agora podem não ter sido satisfatórias para todos os alunos. Esta suposição se apóia fortemente na literatura [?, ?]. Estamos convencidos de que a reconsideração do problema das transformações de unidade por meio de uma analogia com dinheiro mostra aos alunos a importância e amplitude do problema em questão. Desejamos que os alunos pensem nas transformações de unidade como parte essencial de um todo, como dificuldade natural de um mundo em que se falam diferentes línguas, usam-se diferentes moedas e mede-se com diferentes unidades. Gostaríamos também de ressaltar que a principal inspiração para o que acabamos de afirmar reside nos exercícios que nós professores “passamos” vez após vez aos alunos, que são tão abundantes nos livros didáticos, sobretudo do 9º ano, e que são desprovidos de significado⁴. Acreditamos que no ambiente de estudo da física não há lugar para “contas injustificadas”, descontextualizadas e, porque não, extremamente “chatas”.

⁴Referimo-nos a exercícios do tipo: Transforme 34556 m em cm.

3 A velocidade instantânea - A serventia dos livros de física

Neste bloco de atividades discutimos um método de estimativa da velocidade instantânea, conceito este tão massacrado nos livros didáticos do ensino médio que se reduzem, quando o fazem, a apresentar a idéia de velocidade instantânea como um limite. No entanto, lembramos ao leitor, que alunos da 1ª série do ensino médio estão começando a estudar funções e não têm, a priori, como dimensionar e “digerir” uma ferramenta matemática tão sofisticada. Por meio da consideração de um problema análogo, envolvendo o cálculo da média de altura de um conjunto de livros, propomos um método de estimativa da velocidade instantânea, segundo imaginamos, bem razoável e factível.

2.1) Veja animação que se segue e determine a velocidade média de cada um dos carrinhos.

O que os alunos veem na animação é o carrinho vermelho ultrapassando o carrinho azul como mostra a figura abaixo.⁵

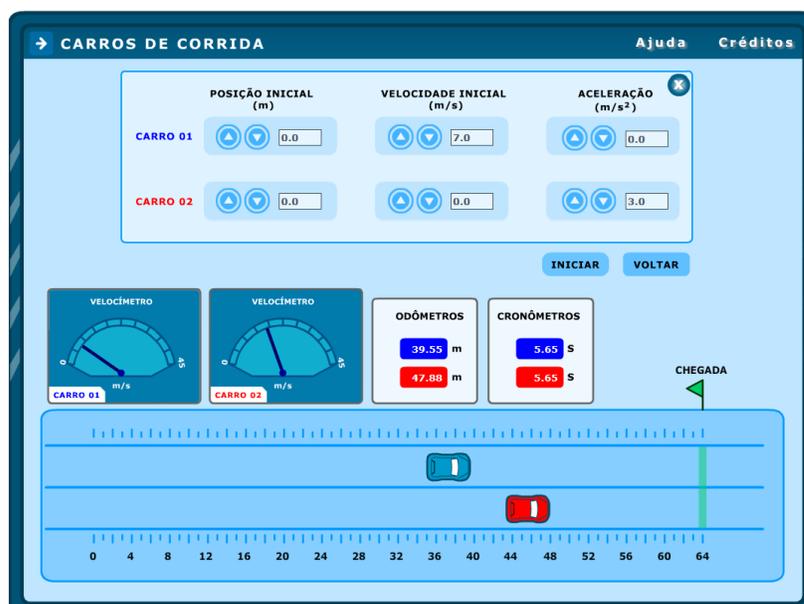


Figura 4 - A animação flash e os parâmetros utilizados na questão 2.16.

Tal como já fizeram antes, os alunos devem calcular a velocidade média dos carrinhos a partir dos dados fornecidos pelo aplicativo. No entanto, como se verifica na figura acima, o carrinho vermelho tem aceleração maior que zero e, embora tenha velocidade inicial menor que a do carrinho azul, o ultrapassa em algum momento.

2.2) A velocidade do carrinho vermelho é a mesma durante todo o percurso? Exatamente no

⁵Este aplicativo flash é de autoria de P.V.S. Souza e G.F. Souza Filho e está disponível para download no endereço http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/artigos/2012_pvector_1/simulacao_corrida.swf

momento em que os carrinhos estão emparelhados, que carrinho se movimenta mais rápido? Quanto mais rápido? Justifique.

A experiência adquirida nas atividades anteriores permitiu a maioria dos alunos afirmar sem titubear que a velocidade do carrinho vermelho aumenta durante a corrida pois, embora partam do mesmo ponto e o carrinho azul deixa o vermelho para trás mas é, posteriormente, ultrapassado pelo vermelho. A experiência diária dos alunos lhes impulsiona a afirmar que durante uma ultrapassagem, quem ultrapassa está mais rápido do que quem é ultrapassado, mas quando frisamos que a pergunta refere-se exatamente ao instante que os carrinhos estão emparelhados, a certeza deles dá lugar a uma enorme e explícita interrogação. O aspecto não trivial da questão fica evidente o que nos impele a procurar um método de estimar a velocidade do carrinho num momento específico. Neste momento, dissemos aos alunos que para determinar quem é o mais rápido exatamente no momento em que os carrinhos estão alinhados, eles precisariam determinar a **velocidade instantânea** dos carrinhos neste momento. Desta forma, introduzimos o conceito de velocidade instantânea tal como imaginamos ser razoável para aqueles que se deparam com o conceito pela primeira vez: A velocidade num dado instante! Sem deltas, sem limites, sem fórmulas, etc. Em seguida, propomos um método de estimativa da velocidade instantânea dos carrinhos.

Para isso, inicialmente, mostramos aos alunos um fileira de livros de tamanhos diferentes, um ao lado do outro, alinhados como mostra a figura abaixo e pedimos que calculem a média de altura dos livros que compõem a fileira⁶.

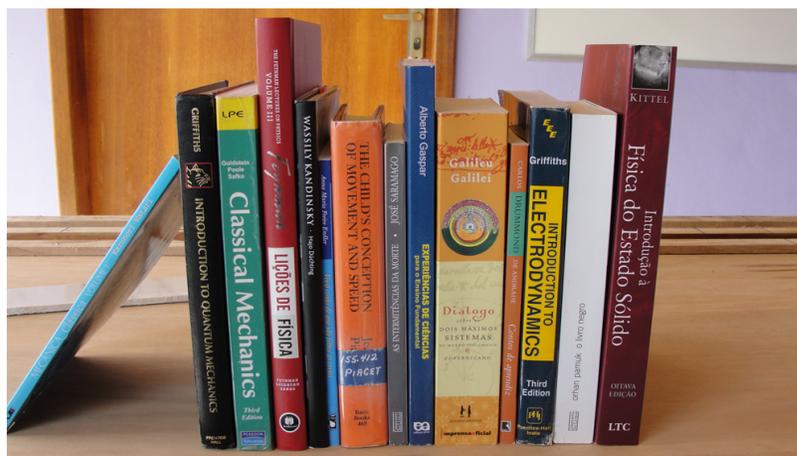


Figura 5 - A fileira de livros utilizada no segundo bloco da atividade 2.

⁶Note o leitor que ao observar a figura 5, que ilustra a fileira de livros, tendemos a tentar correspondê-la a um gráfico Velocidade *versus* Tempo que descreve um movimento uniformemente variado. Esta comparação, contudo, tem um problema inerente: Durante o processo de estimativa da velocidade instantânea, os alunos podem ser impelidos a associar a velocidade média à média das velocidades, o que seria desastroso. Assim, recomendamos que, pelo menos inicialmente, não tente o professor comparar a figura 5 a qualquer gráfico correspondente a velocidade de um móvel. Para nossos propósitos neste momento, basta que os alunos entendam que o método realizado no problema com os livros é também útil no problema com velocidades.

Deveras, mostrou-se prático trazer os livros de casa com as alturas já medidas e etiquetas coladas informando a altura. Em nosso caso, realizar esta parte da atividade com auxílio dos alunos foi contraproducente, um desvio de proposta porque demandou muito tempo. A seguir, dizemos aos alunos, sem fornecer detalhes desnecessários, que o problema que propusemos sobre a altura dos livros é análogo ao da esmativa de velocidade instantânea e que o método que vamos utilizar para um serve para o outro.

2.3) Qual a média de altura dos livros?

A média das alturas pode ser obtida por meio da média aritmética das alturas, ou seja, somamos as alturas e dividimos pelo número de livros. A maioria dos alunos conseguiu obter o resultado com facilidade.

2.4) O resultado mudaria se tirássemos alguns livros da fileira? Qual seria o menor valor possível para a média? E o maior?

Neste momento pretendemos estimular os alunos a refletir sobre as propriedades da média aritmética. Este conceito é muito importante para os alunos dentro da escola, no ínterim da vida acadêmica, como fora dela, em canteiros de obras, oficinas mecânicas, cozinhas, etc. Acreditamos que raciocinar logicamente sobre esta ferramenta é tão importante quanto o conceito que por meio dela desejamos construir. Por ocasião da aplicação da atividade, consideramos pertinente a discussão de uma segunda questão, a saber: **Que livros teríamos de retirar e quais deveríamos deixar para que a média fosse máxima? E mínima?** Embora esta questão não seja imprescindível para o desenvolvimento do método, acreditamos que representa um ótima oportunidade para que os alunos aprofundem seu conhecimento sobre esta ferramenta matemática.

2.5) Qual a média de altura dos onze livros localizados mais no centro da fileira? Repita o procedimento para os nove, sete, cinco livros localizados mais ao centro da fileira.

A partir de agora, pedimos que os alunos refaçam a média de altura dos livros considerando cada vez menos deles. Parece-nos ser um bom momento também para enfatizar a importância de utilizar tabelas na organização de informações. Uma pergunta adicional facilita a discussão dos resultados: **De quanto variou a média entre o cálculo com todos os livros e os cálculos com onze, nove, sete e cinco.** É digno de nota que a maioria dos alunos utilizou tabelas por iniciativa própria. Humildemente, reconhecemos que isso não ocorreu apenas porque os incentivamos a fazê-lo anteriormente. Ressaltamos, todavia, a importância de incentivar os alunos a utilizar tabelas como uma forma de organizar e comunicar dados.

2.6) Conforme tiramos livros, a média se modificou? Aumentou ou diminuiu? Repita o procedimento para os três livros localizados mais ao centro da fileira. A média mudou novamente? Aumentou ou diminuiu?

Neste momento, os alunos devem perceber que, a medida que retiramos os livros dos extremos da fileira, a média se modifica. Em particular, se aproxima de um valor, da altura do livro do meio.

2.7) Deveras, à medida que restringimos o número de livros, a média se aproxima da altura do livro que está no meio. Qual seria a média se cortássemos longitudinalmente os dois livros que estão em volta do livro central em dois pedaços, de modo que seu “peso” estatístico no cálculo da média fosse reduzido à metade?

Neste caso, o cálculo deve ser repetido considerando que o “peso” estatístico dos livros que estão em volta do livro que está no centro foi reduzido à metade.

2.8) Repita o procedimento, considerando agora apenas 1/4 e, em seguida, 1/8 dos livros nas bordas da fileira. Qual o valor da média neste caso?

O procedimento é repetido e a média se aproxima ainda mais do livro central.

2.9) Perceba que a média se aproxima da altura do livro que está no meio. Esta afirmação independe do livro que está no meio? Modifique o livro do meio e verifique realizando novamente o procedimento descrito acima.

É mais que natural, assim como pensamos, que os alunos suponham que o procedimento foi proposto especificamente para “aquele” livro que estava no meio. A aplicação mostrou a veracidade deste pensamento: Apenas alguns poucos alunos reconheceram, inicialmente, que o procedimento independente do livro que está no centro da fileira. Assim, propomos que o procedimento seja repetido com uma outra disposição aleatória dos livros. No entanto, se o tempo disponível para implementação da proposta, como foi o nosso caso, for pouco, sugerimos que a segunda realização da tarefa ocorra em casa. Estamos convencidos de que isso não interfere no desenvolvimento do resto da atividade.

2.10) Igualmente, ao estimarmos a velocidade média de móvel por meio do VirtualDub, obtemos a média a partir de informações de vários instantes. No entanto, se nos restringirmos aos instantes próximos daquele que queremos estudar (tão próximos quanto possível), nos aproximamos do valor da velocidade no instante desejado! Teste este método para tentar resolver a questão 2.2.

Uma vez construído o arcabouço teórico e o ferramentário matemático necessário, retornamos ao problema da velocidade instantânea. Produzimos um vídeo a partir da animação que aparece na tela. Rodamos a animação assim como antes. Produzimos o vídeo e o analisamos com o virtualDub. A idéia a ser ressaltada é a necessidade que temos de considerar o movimento do carrinho apenas nos instantes em torno do desejado, em que a ultrapassagem ocorre. Ademais, as animações do Flash

foram convertidas em vídeo por meio de aplicativo livre, o Freez Screen Video Capture, capaz de gerar um arquivo de vídeo a partir do que é exibido na tela do computador⁷

2.11) Repita o procedimento anterior. No entanto, considere dois, três e quatro instantes em volta do desejado. O que ocorre com a valor da velocidade?

Ao realizarem o método inverso, os alunos verificaram que quanto mais instantes consideraram, mais impreciso é o resultado. Esta idéia pode ser sublinhada pela reconsideração do problema dos livros. Lembremos ao leitor que neste caso, a altura do livro do meio já era conhecida desde o começo da atividade. Desta forma, a aproximação dos valores na medida em que restringimos a quantidade de livros considerados, medidos diretamente com a régua e calculados por meio do método, apenas confirma a validade do método. Esta é uma importante oportunidade de para salientar que este método é tão eficaz quanto mais “próximos conseguirmos chegar” do instante desejado.

4 Apêndice

A Câmeras digitais entre outras coisas

Em duas de nossas atividades, a utilização de uma câmera digital assim como um tripé apropriado é imprescindível. A câmera que utilizamos foi uma ES60 da Samsung e um tripé do modelo Tr60n da D-concepts. A câmera é capaz de gravar com áudio em alta qualidade e pode ser facilmente acoplada ao tripé que, por sua vez, pode alcançar uma altura de 1,80m. Ademais, o tripé apresenta uma alavanca, fundamental para nossos propósitos, que permite a gravação de vídeos em movimento com uma atenuação da vibração. A câmera e o tripé podem ser visualizados abaixo.



Figura 1: Figura 6 - A câmera e o tripé

⁷Para mais detalhes sobre o Freez Screen Video Capture, veja o apêndice C.

B O virtual Dub

O VirtualDubMod é um aplicativo livre que permite a edição e conversão de vídeos. Ademais, é muito útil e popular como encoder, ou seja, para aplicar legendas em vídeos. Pode ser obtido diretamente no sítio <http://www.virtualdub.org/>, acessado em 17/06/2011, 16H20. O arquivo de vídeo pode ser acessado diretamente, por meio da opção “file” e, em seguida, “open”; uma janela que permite procurar o arquivo se abre imediatamente. Uma vez carregado, o vídeo pode ser visto “frame a frame” por meio de um cursor interativo que reage aos movimentos do mouse. A figura abaixo mostra o layout do programa.

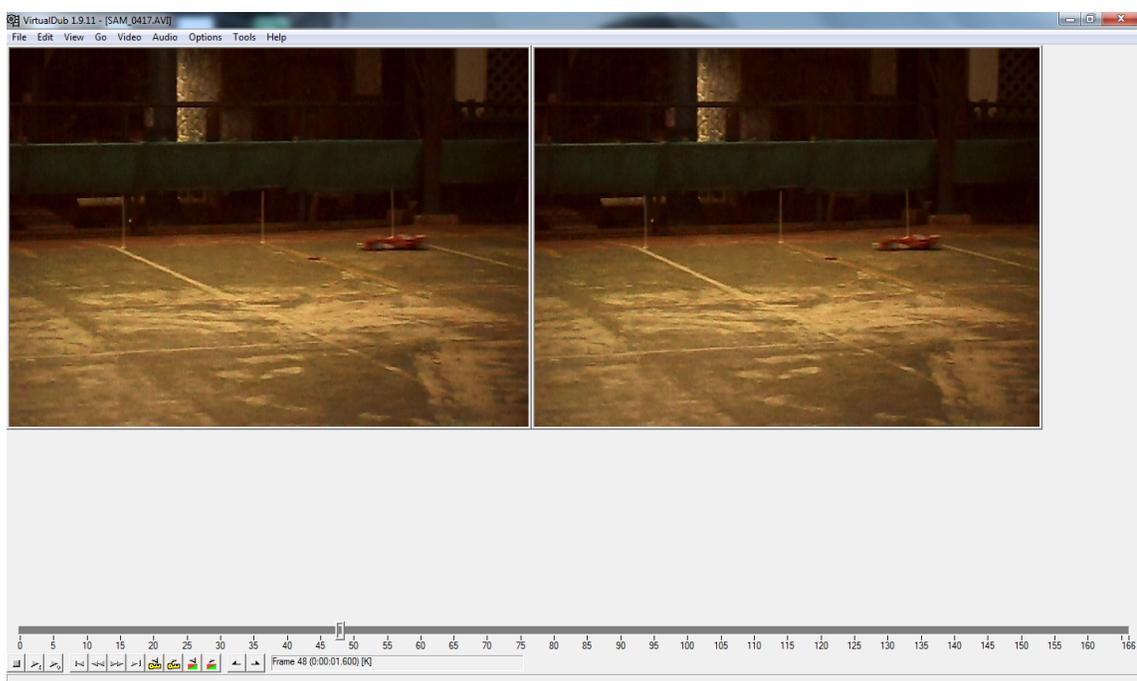


Figura 7 - Layout do VirtualDub

C Aplicativos em Flash

A utilização de aplicativos Flash nos foi muito útil, sobretudo no desenvolvimento da segunda atividade. O aplicativo em flash que utilizamos foi produzido exclusivamente para este trabalho pelo professor Geraldo Filipe Souza Filho, a quem somos muito gratos pela prontidão e generosidade. O trabalho do professor Geraldo, em colaboração com a prof.^a Marta Barroso, é bem amplo, abarca quase todas as áreas da física e resultou numa série de bons trabalhos [?, ?, ?].

Os aplicativos criados por este grupo assim como outros trabalho produzidos pelo programa de pós graduação em ensino física da UFRJ podem ser acessados no endereço http://omnis.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/material_didatico.html

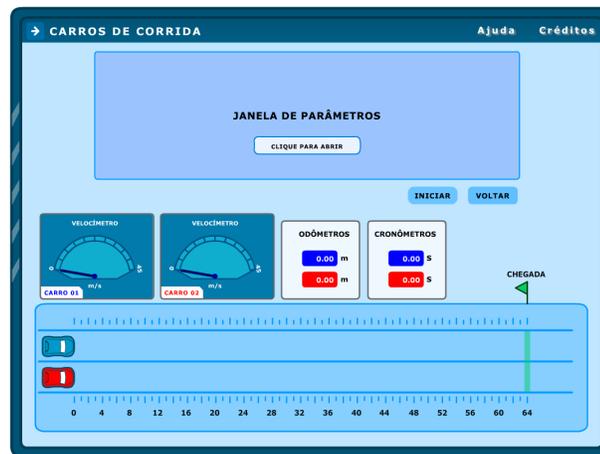


Figura 8 - Aplicativo Flash para o estudo de cinemática.

D O Freez Screen Video Capture

O aplicativo Freez Screen Video Capture é um software livre capaz de converter em vídeo aquilo que aparece no desktop do computador. Em nosso caso, o utilizamos na segunda atividade para produzir o vídeo que, posteriormente, será analisado com o VirtualDub uma animação do flash. A interface do software traz apenas três controles: Iniciar, pausar e deter a gravação. Para realizar captura de vídeo, basta clicar em “Record” e definir a área que deve ser registrada. Depois de apertar a tecla “Stop”, é possível salvar o arquivo no formato .avi. O aplicativo pode ser obtido no sítio <http://freez-screen-video-capture.softonic.com.br/>, acessado em 17/06/2011, 16H00. O layout do aplicativo pode ser visualizado na imagem abaixo.

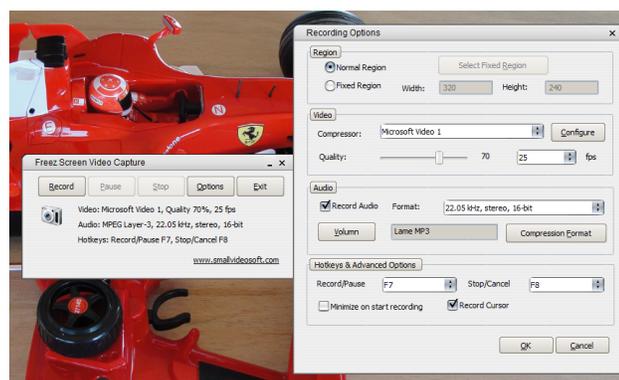


Figura 9 - Layout do Freez Screen Video Capture

Referências

- [1] P.V.S. Souza. *Uma abordagem para os conceitos de velocidade e aceleração no ensino médio*. Tese (Mestrado em ensino de física) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011; disponível no formato virtual no endereço http://omnis.if.ufrj.br/~pef/producao/_academica/dissertacoes/2011_Paulo_Victor_Souza/dissertacao_Paulo_Victor_Souza.pdf;
- [2] A. Arons. *Teaching Introductory Physics*. John Wiley & Sons, INC. 1997;
- [3] L. C. McDermott, *Guest comment: how we teach and how students learn - amismatch?*, American Journal of Physics 61(1), Abril, 1993;
- [4] G. F. de Souza Filho. *Simulações computacionais para o ensino de Física: uma discussão sobre produção e uso*. Tese (Mestrado em ensino de física) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011;
- [5] R. Neumann e M. Barroso. *Simulações computacionais e animações no ensino de oscilações*. Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Rio de Janeiro, RJ, 2005;
- [6] G. F. de Souza Filho, M. Barroso e C.M. Porto. *Simulações computacionais no ensino de relatividade restrita*. Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Rio de Janeiro, RJ, 2005;