

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

GLAUCO SALOMÃO FERREIRA RIBAS

**UMA PROPOSTA PARA MOTIVAR O ALUNO A APRENDER MECÂNICA NO
ENSINO MÉDIO - ABORDAGEM COM TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E
COMUNICAÇÃO**

PORTO ALEGRE

2017

GLAUCO SALOMÃO FERREIRA RIBAS

**UMA PROPOSTA PARA MOTIVAR O ALUNO A APRENDER MECÂNICA NO
ENSINO MÉDIO - ABORDAGEM COM TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E
COMUNICAÇÃO**

Dissertação de Mestrado Profissional realizada sob a orientação da Professora Doutora Daniela Borges Pavani apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da UFRGS no requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Professora Doutora Daniela Borges Pavani

PORTO ALEGRE

JUNHO/2017

AGRADECIMENTOS

Ainda resta o cumprimento de uma última missão neste trabalho cuja preparação, execução e finalização tiveram grande apoio de pessoas que até este momento eram anônimas. Não reconhecer estas colaborações seria não dar o devido valor a quem merece.

Deixo meus agradecimentos inicialmente à minha família como um todo e, de forma bem carinhosa à minha mulher, Cátia, e meu filho, Gabriel. Essas pessoas me deram segurança e energia para sempre seguir em frente com meus objetivos.

Às minhas duas turmas de mestrado, a 2014 e a 2015, pois boa parte de minha evolução como professor se deve a eles, meus colegas. Por ordem alfabética, cito-os: Douglas, Fabrizio, Ghisiane, Ismael, Jader, Jaqueline, Jênifer, Jennifer, Lisiane, Mentz, Priscila, Robson e Slovinski. Foram grupos de colegas que não tive na minha graduação e que de alguma forma influenciaram meu desenvolvimento. Trouxeram-me novas ideias, tranquilidade e vontade de me superar a cada avaliação, descontraindo o ambiente do curso em várias oportunidades, como nas reuniões para o nosso saudoso café do MPEF.

Aos meus companheiros da caserna, os quais me apoiaram de várias maneiras: realizando algum registro fotográfico ou, simplesmente, trocando um serviço comigo. Parece pouco, mas essas contribuições foram essenciais para o alcance de meus objetivos e é por isso que agradeço particularmente ao 1º Sgt Slovinski e ao 1º Sgt Junior.

Aos professores do meu estabelecimento de ensino atual, colegas que até o último momento torceram por mim e, por essa razão, fortalecem a coesão da equipe da Física de nossa escola. Entre eles destacam-se os Professores Gomes, Cap Ribas, Cap Bruscato, 1º Ten Victor, Alexander e Graça.

Por fim, quero deixar meu agradecimento a todos os meus professores do curso de mestrado e aos da banca de avaliação deste trabalho. Todos de forma sempre positiva em algum aspecto contribuíram para minha formação como professor e para o resultado final desta dissertação. Em especial, agradeço ao Professor Paulo Mors por suas aulas desafiadoras e inspiradoras, e, principalmente, pelas suas palavras de estímulo para eu persistir no caminho da docência.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. ESTUDOS RELACIONADOS	10
2.1. TICs no ensino de Física	10
2.2. A modelagem com o uso de TICs	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO E EPISTEMOLÓGICO.....	15
3.1. Referencial Teórico	16
3.2. Referencial epistemológico	23
5.1. Preparação	34
5.2. Aulas da Proposta.....	35
Relatório – 1ª Aula	35
Relatório – 2ª Aula	37
Relatório – 3ª Aula	41
Relatório – 4ª Aula	42
Relatório – 5ª Aula	45
Relatório – 6ª Aula	47
Relatório – 7ª Aula	49
6. DISCUSSÕES E RESULTADOS	52
6.1 Avaliação inicial.....	53
6.2 As tarefas e atividades.....	55
6.3 Avaliação final e hipótese para confronto.....	68
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
REFERÊNCIAS	75
ANEXO A - QUESTIONÁRIO SOBRE FORÇA E MOVIMENTO.....	79
ANEXO B - QUESTIONÁRIO DE ATITUDE DOS ALUNOS EM RELAÇÃO À FÍSICA	84
APÊNDICES.....	85
APÊNDICE A - PLANOS DE AULA.....	85
APÊNDICE B - PRODUTO EDUCACIONAL	99

RESUMO

Não porque faltem bons alunos, mas pelo motivo de que aprender Física é importante, por se tratar de uma cultura necessária a qualquer cidadão de uma sociedade e não apenas aos mais vocacionados, trago uma sugestão para que a predisposição em aprender Física dos alunos de ensino médio melhore. Assim este trabalho se ocupa em apresentar recursos e atividades que buscam aproximar a vida do aluno contemporâneo ao ensino de Física, através de uma abordagem com tecnologias de informação e comunicação (TICs). Nosso foco disciplinar é o ensino de Mecânica em um ambiente favorável à aprendizagem significativa e que busca tratar a Física, bem como a Ciência, sob o viés epistemológico de Mario Bunge, isto é, trazendo a modelização subjacente na análise dos fenômenos físicos referentes a esse estudo, além de aplicar essa concepção em atividades computacionais com a planilha eletrônica *Calc* e os *softwares Tracker* e *Modellus*. Também é apresentada a aplicação desta proposta para uma turma de escola pública no horário extracurricular que, além de ressaltar tópicos tradicionalmente importantes sobre Mecânica, inova com atividades experimentais computacionais, tratando a resistência do ar e o efeito *Magnus* em lançamentos com bolas de basquete e vôlei. Os alunos chegam a perceber que não é a 45° que uma bola deve ser lançada para ir mais longe em situações práticas. Os resultados apresentados foram possíveis por ser exposta ao aluno uma visão da Física menos ingênua e mais próxima da sua realidade com algumas ferramentas essenciais como o *software Modellus*, determinando um alcance exploratório muito maior, para situações envolvendo esportes como futebol, basquete e vôlei, que a modelização mais idealizada, a qual apenas leva em conta a interação gravitacional dos corpos com a Terra. Ao final deste trabalho, encontra-se o respectivo produto educacional (Apêndice B), contendo toda sequência didática aplicada com algumas melhorias, organizada em guias para o professor e para os alunos.

PALAVRAS-CHAVE: Mecânica, efeito *Magnus*, *software Modellus*, aprendizagem significativa de Ausubel, Mario Bunge.

ABSTRACT

Not because there are no good students, but for the fact that learning Physics is important, because it is a necessary culture for any citizen of a society and not only for the most educated, I bring a suggestion so that the predisposition to learn Physics of the high school students improve. Thus, this work is focused on presenting resources and activities that seek to bring the contemporary student's life closer to the teaching of Physics, through an approach with information and communication technologies (ICTs). Our disciplinary focus is the teaching of mechanics in an conducive environment to meaningful learning that seeks to treat Physics, as Science, under the epistemological bias of Mario Bunge, namely that, bringing the underlying modeling in the analysis of the physical phenomena related to this study, besides applying this conception in computational activities with the spreadsheet *Calc* and the softwares *Tracker* and *Modellus*. It is also presented the application of this proposal to a public-school class in extracurricular hours that, in addition to highlighting topics traditionally important on Mechanics, innovates with experimental computational activities, dealing with air resistance and Magnus effect in launches with basketball and volleyball. Students can realize that it is not at 45° that a ball should be thrown to go further in practical situations. The results presented were possible because the student was exposed to a less naive view of Physics and closer to his reality with some essential tools such as *Modellus* software, determining a exploratory reach far greater, for situations involving sports such as soccer, basketball and volleyball, than the most idealized modeling, which only considers the gravitational interaction of bodies with the Earth. At the end of this work, the respective educational product (Appendix B), containing all didactic sequence applied with some improvements, organized in guides for the teacher and for the students.

KEYWORDS: Mechanics, *Magnus* effect, *software Modellus*, meningful learning of Ausubel, Mario Bunge.

1. INTRODUÇÃO

Vivemos em uma época na qual, a todo momento, existe um questionamento quanto à qualidade de ensino. Quando os olhares se voltam para a disciplina de Física são acrescentados mais alguns ingredientes como a aversão dos alunos, as notas nem sempre satisfatórias e, por consequência, o ensino conteudista e desconectado da realidade de nossos discentes.

A Física é uma disciplina que praticamente começa no ensino médio, justamente a parte da educação básica na qual o país tem os piores resultados e não está melhorando desde 2011¹, de acordo com dados do INEP². Uma característica de nossa disciplina é trabalhar com idealizações que muitas vezes não são tão discutidas quanto deveriam e, possivelmente, por isso nas aulas há um distanciamento do contexto do discente: no mundo real não vemos partículas, não conseguimos observar um objeto se movimentando sem a presença do ar e também todos corpos que conhecemos tem massa, além de realizarem movimentos nada comportados como aqueles que calculamos tradicionalmente.

Meus alunos atuais são adolescentes que usam a todo momento *smartphones* e *internet*. A grande maioria gosta de esportes (futebol em primeiro lugar) e boa parte deles não veem conexão alguma com a Física na utilização dessas ferramentas ou no seu envolvimento com essas atividades.

O cenário moderno possibilitou uma incrível inclusão digital que mudou definitivamente as relações humanas, entre elas, a tradicional relação professor – aluno. Poderosas ferramentas de pesquisas aliadas a jogos cada vez mais realistas e interativos, além de uma fantástica rede social, constroem um mundo completamente novo sendo fundamental o ensino se adaptar a esta realidade. Apesar de promissor este novo mundo exige que nós, professores, desenvolvamos estratégias mais eficazes e atuais para conquistar a atenção dos alunos frente a toda esta interatividade. Além disso mantê-los predispostos a aprender, propiciando, dessa forma, uma das duas condições para atingirmos nesse processo a aprendizagem significativa. A outra condição é que o material a ser aprendido seja incorporável à estrutura cognitiva do estudante (MOREIRA, 2014).

A teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel direcionou pedagogicamente todo o planejamento e a execução do projeto-base deste trabalho. Desde os

¹ Desde de 2011 o índice de desenvolvimento da educação básica (IDEB) do ensino médio referente a todo o Brasil está estagnado em 3.7.

² INEP – Instituto nacional de estudos e pesquisas.

planos de aula, considerando a hierarquização de conceitos, para atingirmos tanto uma aprendizagem subordinada ou superordenada, através da observância de princípios programáticos como os da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora, e até nas avaliações e nos questionários, com a finalidade de verificar o que o aluno já sabe e termos algum indício de que ocorreu a aprendizagem significativa.

É importante salientar que o ponto de partida para tudo isso se encontra naquilo que o aluno traz com ele, por consequência devemos ensinar considerando esse conhecimento prévio. Além do mais para aprender, segundo Ausubel, o aprendiz deve estar predisposto. Então a abordagem com elementos do tipo *smartphones, laptops, softwares* para construção de gráficos, vídeo-análises e modelagens computacionais, a qual a partir de agora chamaremos de abordagem com Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), colaboram nesse intuito.

Um acréscimo epistemológico ao processo de ensino-aprendizagem que permeia o produto educacional deste trabalho está em um entendimento dado por Mario Bunge: a modelização deveria estar presente em sala de aula ou pelo menos aproximar as teorias científicas do que os alunos observam no seu cotidiano (*apud* MOREIRA; MASSONI, 2011).

Apresentamos um relato da proposta aplicada no Colégio Militar de Porto Alegre (CMPA), constituída de 7 encontros, tratando de um estudo de Mecânica, com o uso das TICs. Essa aplicação foi realizada no contraturno dos alunos regulares do CMPA com uma turma inicial de 27 alunos, composta de discentes do 3º ano, a exceção de um que estava no 2º ano do ensino médio. Essa turma cumpriu uma atividade extracurricular, embora nossa proposta traga nossas intenções de aperfeiçoamentos destinados às aulas regulares. Os resultados foram satisfatórios, pois houve o preenchimento de algumas lacunas de nossos participantes a respeito dos objetos de conhecimento tratados, além de trazer algo novo, o que para os alunos deixou informações surpreendentes.

1.1. JUSTIFICATIVAS

As grandes preocupações dos professores em relação a seus alunos são aquelas, tais como: a aversão cultural do aluno à Física (concepção de que a Física é coisa para gênio), a motivação do aluno em aprender (preocupação de qualquer professor), a contextualização desse conhecimento a ser aprendido, previsto nos PCNs (BRASIL, 2000), e, principalmente, a definição de um indicador eficiente de que as aulas estão produzindo um efeito mínimo aceitável de aprendizagem. Essa última preocupação surge de uma prática baseada na fuga, por parte dos alunos, em tirar dúvidas com o professor, recorrendo no seu estudo apenas a uma

lista de fórmulas a serem lembradas ou cobrando de seu professor o que ele deve decorar, busca por aprendizagem mecânica segundo Moreira (2014).

A abordagem da proposta didática apresentada nesta dissertação está baseada na utilização das TICs, utilizando os *softwares* *Modellus*, *Tracker* e *Calc* (planilha eletrônica do pacote *Libreoffice*) e a plataforma *MOODLE* (já utilizada pelo CMPA), em favor de que ocorra um processo de ensino e aprendizagem no estudo de Mecânica. Os *softwares* *Modellus* e *Tracker* são utilizados em aulas de cunho expressivo ou exploratório nas diversas modelagens trabalhadas, devido a este aspecto ser pouco enfatizado em aulas com a metodologia tradicional, mas também pelo entendimento de que a produção de modelos é a essência do trabalho científico (PIETROCOLA, 1999). Essa estratégia visa atender nossos objetivos gerais de motivar o aluno a aprender Física pela inclusão de diversos recursos presentes no seu contexto social nas aulas e aproximar as teorias científicas da realidade observada por nosso aprendiz, com a noção dos modelos científicos segundo Mario Bunge (MOREIRA; MASSONI, 2011).

A Mecânica é o alvo deste projeto, já que tradicionalmente o estudo da Física começa por essa ciência no 1º ano do ensino médio. Com essa ideia, os novos estudantes terão desde o início a oportunidade de modificar a imagem da nossa disciplina criada por seus antecessores, em virtude de aulas ministradas por professores que simplificam a Física com fórmulas a serem decoradas, trabalham com longas listas de exercícios pouco contextualizados e não valorizam conceitos, grandezas e o significado qualitativo das fórmulas, pois a Física é muito conceitual também (HEWITT, 2011), o que poderia fazer os discentes relacionarem o que aprenderam em aula com situações presentes nas suas vidas de uma forma mais natural, generalizando seu raciocínio físico. Subjacente a isso está nosso objetivo de criar um ambiente favorável ao desenvolvimento da aprendizagem significativa.

A seguir enumero os objetivos específicos de nossa proposta didática:

1) Implementar modelagens e animações para, principalmente, expor o aluno a um ensino capaz de oferecer condições ao domínio básico do conhecimento científico em diferentes situações de sua vida.

2) Apresentar a Mecânica de Newton como um conhecimento muito presente em nosso cotidiano, trazendo para aula movimentos de corpos no esporte, através de vídeos, e, inclusive, gerando alguns deles na prática.

3) Implementar o uso da plataforma *MOODLE* para receber dos alunos sugestões, imagens, vídeos ou outro material digital a serem utilizados como temas dos estudos em sala de aula e com isso buscar conhecer o que o discente sabe ou pelo menos está pensando.

Assim sendo, foi desenvolvido um produto educacional para o curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física que se apoia nas bases teóricas e epistemológicas mencionadas e, além disso, utiliza aspectos metodológicos decorrentes do uso de recursos e materiais que envolvem TICs.

2. ESTUDOS RELACIONADOS

Buscamos em experiências anteriores elementos, aspectos, ideias, profundidade teórica e epistemológica e principalmente lições aprendidas. Desta forma, esta atividade de leitura e ampliação de conhecimentos se dividiu sumariamente em dois assuntos referentes ao uso de TICs no ensino de Física, mais especificamente ao estudo de Mecânica (cinemática e dinâmica) e a modelagem com o uso das TICs.

Para qualificar nossa abordagem e buscar os subsídios necessários na construção de um produto educacional, foram feitas consultas na literatura em trabalhos que fazem referência ao uso de TICs, ao estudo de Mecânica e à parte da epistemologia de Mario Bunge (no que trata principalmente sobre modelagem), todos pesquisados na Revista Brasileira de Ensino de Física, no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, na Revista Investigações no Ensino de Ciências, no Repositório de Dissertações e Trabalhos de Conclusão de Curso de Mestrado Profissional do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Além disso, recorreu-se a livros traduzidos e até mesmo aos originais que fazem parte das obras dos nossos referenciais teórico e epistemológico para cuja exposição a respeito será feita no capítulo seguinte.

Como forma de organização do registro das contribuições pesquisadas, no período de 1999 a 2015, segue uma divisão em duas subseções, das quais uma refere-se a um pequeno histórico de aplicações com o uso das TICs em aulas de Física e outra sobre esse uso mais especificamente aplicado à modelagem no ensino de Mecânica. Nessa revisão, houve a intenção de buscar trabalhos mais atuais e, ao mesmo tempo, que tivessem uma boa aproximação com nossos objetivos.

2.1. TICs no ensino de Física

O uso de TICs visa motivar o aluno a ter mais interesse durante as aulas de Física, como Pires e Veit (2006) mostraram, em trabalho exploratório, em um fórum de discussão, onde deixavam aberto para alunos que recém tinham sido apresentados a um ensino no qual se fazia uso de animações para aprender Física. As opiniões desses alunos foram muito favoráveis a essa abordagem, embora o momento dessas aulas não tenha ocorrido em período que eles estão normalmente mais envolvidos (último mês de aula do ano letivo).

Outro aspecto colaborador com a aplicação de TICs em sala de aula é o poder de diminuir a necessidade de abstração por parte do aluno (CASTILHO; RICCI, 2006) pelo seu poder ilustrativo, ou seja, não é necessário imaginar um ônibus percorrendo uma determinada distância a 200 km/h, pois com a simulação computacional basta visualizá-la, deixando assim a abstração, a qual também é importante, para outro momento (interpretação de problemas, equacionamentos em geral, etc...).

No trabalho de Mendes *et al* (2012), há a peculiaridade do uso de simulações e modelagens ao ser utilizado o *software Modellus*, pois com ele além de termos a possibilidade de utilizarmos simulações já elaboradas, também, existe uma forma de construí-las sem necessitar de um conhecimento profundo de linguagem de programação.

Em acréscimo ao citado no parágrafo anterior, Sirisathitkul *et al* (2013) realizou atividades com o *software Tracker* com a finalidade básica de coletar dados, com boa aproximação aos modelos teóricos tradicionais, mas apenas de uma forma demonstrativa. Essa potencialidade do *Tracker* aproveitada com a participação ativa dos alunos, permitindo-lhes uma percepção mais clara da aplicação dos estudos de Mecânica no seu cotidiano, traz a expectativa de aumentar a predisposição do discente em aprender.

O esporte chama muito a atenção por estar nos sonhos do público jovem, por que não utilizar esse poder de atração para o estudo da Física? Aguiar e Rubini (2004), ao que tudo indica, perceberam essa potencialidade ao desenvolverem um estudo sobre a aerodinâmica das bolas no seu lançamento em vários esportes, especialmente no futebol, com o famoso chute de Pelé, na Copa do Mundo de 1970, em jogo contra a seleção da Tchecoslováquia.

Encontramos vários trabalhos relacionando tópicos de cinemática e dinâmica, além dos citados nesta seção, onde se verificou um incentivo cauteloso à aplicação com a abordagem do presente trabalho no ensino de Física, mesmo constatando-se a possibilidade de alcançar vários benefícios. Entre eles, o de aumentar o tempo utilizado na aprendizagem de Física se destaca, pois é uma das aspirações de todo professor, e pode ocorrer através da disponibilização de material e pedido de pesquisas e execução de tarefas (hipermídias, simulações e até trabalhos de modelagem expressiva³ a serem elaborados em casa pelos alunos), colocando isso em uma plataforma *TelEduc* por exemplo (PIRES; VEIT, 2006). Verificou-se algumas proposições instrucionais as quais trazem simulações e modelagens, por exemplo, onde o aprendiz pode relacionar alguns dados e resultados desses recursos com informações da própria realidade, conforme ressalta Castilho e Ricci (2006):

³ Segundo Araujo, Veit e Moreira (2012), é uma classificação dada para modelagens que o aluno constrói, expressando o seu entendimento físico e matemático a respeito do fenômeno modelizado.

O uso do computador e, em especial as simulações de experimentos, são fatores importantes para a efetivação do aprendizado e a utilização dessa nova tecnologia deve ser feita de maneira equilibrada, reflexiva e nunca exclusiva. O entusiasmo decorrente das vantagens de utilização de simulações no ensino de Física pode acarretar num menosprezo pelas outras formas de ensino, o que não é recomendável de forma alguma. Em muitos aspectos, essa mudança equivale à quebra de um antigo paradigma educacional baseado em aulas expositivas e laboratórios tradicionais. Há um grande risco na adoção acrítica das simulações no ensino de Física, pois elas apresentam certas desvantagens, algumas vezes negligenciadas. Seria primordial notar-se que um sistema real é frequentemente muito complexo e as simulações que o descrevem são sempre baseadas em modelos, que contêm, necessariamente, simplificações e aproximações da realidade (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002 *apud* CASTILHO; RICCI, 2006, p. 15).

Atendendo a alguns cuidados, a aplicação das TICs em sala de aula deixa mais benefícios do que prejuízos. As várias vantagens aproveitadas com as TICs parecem não ser suficientes, na opinião daqueles que, inclusive, incentivam o seu uso como complemento a aulas tradicionais, para realização de um processo de ensino-aprendizagem completo.

Uma busca foi feita ainda a respeito do uso de *smartphones* em aulas de Física, aparelhos tão populares e atualmente presentes na vida de todos inclusive na dos nossos alunos. Monteiro *et al* (2015) propõem dentre os vários sensores e recursos que possui um *smartphone* o uso do seu acelerômetro para um estudo de forças impulsivas, proporcionando uma boa utilidade desse equipamento dentro do ensino de Física, mesmo considerando que a constante ligação do aluno moderno com esse dispositivo pode trazer à sala de aula uma certa desatenção. Contudo é ilusório pensar que esse aparelho não está dentro da sala de aula, sendo uma ideia interessante transformar essa ferramenta de distração em um meio auxiliar no processo de ensino-aprendizagem.

2.2. A modelagem com o uso de TICs

Nesta subseção, destaco os trabalhos onde o uso de TICs e a abordagem para o ensino de ciências está mais próxima do proposto por Mario Bunge (Sec. 3.2), segundo nossa interpretação. Nesse sentido, iniciamos destacando o que segue:

A forma de vislumbrar os modelos e seu papel na ciência realizada por Bunge parece responder a estas perguntas; pois:

1. se modeliza visando apreender o real;

2. todo modelo científico se traduz como um incremento à compreensão da realidade do mundo;
3. assim como na ciência, a construção de modelos é resultado de um processo criativo, mediado pelos/e entre os homens pela ação da razão;
4. a sala de aula deveria conter atividades de onde se passasse de um real imediato (forjado pelo senso comum) a um real idealizado pela ciência. (*apud* PIETROCOLA, 1999, p. 19).

Este trabalho insere o estudo de Aguiar e Rubini (2004) pelo menos na sua modelização, considerando alguns referentes reais⁴ ainda normalmente deixados de lado no ensino médio e que poderiam aproximar as observações das pessoas, como a curva desenvolvida por uma bola de futebol em um chute de falta, ao estudo de Mecânica na disciplina de Física. Nesse trabalho citado não houve uma modelização com o *software Modellus*, por isso vimos a possibilidade de implementá-la e com vistas ainda a outra implementação em 3D através do *software Vpython*.

No trabalho de Santos (2012), levou-se a alunos de ensino médio uma modelização cinemática simples de corridas de atletismo, considerando dados de atletas profissionais em âmbito mundial, sul-americano e brasileiro, além de dados oficiais de competições juvenis referentes ao segmento feminino e masculino, e constatando um grau de precisão muito bom. Dessa forma, para aproximar o estudo de Física ainda mais da realidade do aprendiz, com um planejamento da aplicação desse modelo cinemático em corridas de atletismo dos próprios estudantes, espera-se um nível de interesse nas atividades didáticas além do experimentado no trabalho de Santos. Por questões circunstanciais referentes ao ano letivo 2016 da escola de aplicação de nossa proposta não foi possível a realização de uma atividade que observasse o modelo teórico no trabalho de Santos.

Há preocupações em relação à interpretação que o discente venha ter sobre o que acontece na realidade, comparado a uma animação, simulação ou modelagem computacional. Isso com certeza é importante, mas não está restrito a aulas com essas abordagens, já que as simplificações e aproximações da realidade tão lembradas quando se fala em animações, simulações e modelagens computacionais também deveriam ser destacadas em aulas com abordagens tradicionais, pois da mesma forma ambas as metodologias de ensino aplicam modelos teóricos e, apesar de muitas vezes não ser esclarecido ao discente, nas modelagens há a oportunidade de destacar o fazer científico de criar e testar modelos.

⁴ “Os referentes nada mais são do que os objetos ou eventos reais ou supostos como tais que se pretende modelar e os agentes que interagem com o sistema físico” (BRANDÃO *et al*, 2010, p. 27).

Portanto, este trabalho busca reunir toda experiência já adquirida nos trabalhos citados naquilo que se refere a TICs aplicadas ao ensino de Física especialmente em Mecânica, implementando seus recursos de forma mais completa em sala de aula e evidenciando a modelagem científica por trás desse estudo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO E EPISTEMOLÓGICO

Em tempos nos quais são feitos julgamentos a respeito da qualidade de ensino (Médio principalmente), vemo-nos com algumas questões em nossas mentes: como podemos ensinar Física de uma forma melhor? E o que ensinar em Física, disciplina que é tardiamente incorporada na vida escolar e de maneira que os estudantes a veem como algo fora do seu mundo vivencial. Além disso a Física, e as Ciências de uma forma em geral, são apresentadas aos estudantes como lugar onde os profissionais dessa área estão estereotipados como pessoas superdotadas e esquisitas. Como ensinar Física tendo em conta todos esses aspectos?

O que ensinar em Física está sendo discutido na construção da Base Nacional Curricular Comum (BNCC), mas parece que o como ensinar não está sendo colocado em discussão, talvez por ser algo mais resistente não somente para os professores, mas também para os alunos. Aquilo que aprendi em meu ensino médio (vinte e um anos atrás) não é muito diferente do que nossos alunos estão aprendendo atualmente, porém a metodologia de ensino de cada professor tem a sua peculiaridade, criando muitas vezes para o discente uma identidade docente marcante.

A Física se mostra como uma das disciplinas em que os alunos menos se identificam, pois resultados de repetência ou de notas baixas são muito comuns. Vemos duas possíveis explicações para isso:

- A primeira gira em torno do ensino que é descontextualizado, ou seja, um ensino pelo qual o aluno não consegue perceber ligações com o seu contexto de vida e por isso não vê sentido em aprendê-lo.

- A segunda se refere à metodologia de ensino ultrapassada quando comparada com tudo que mudou em vários campos de cem anos atrás até agora no mundo e, nesse mesmo período, por outro lado, praticamente nada se modificou, pelo menos em essência, na forma em que o professor ministra aulas nas escolas.

Fruto de uma arraigada tradição, o professor em aula faz um monólogo, onde demonstra ser o dono do conhecimento. Já o aluno é passivo e está ali para somente memorizar o que o professor fala e escreve. Além disso, “não podemos ser injustos”, os meios auxiliares de aula “foram modificados” de giz, quadro negro e transparências de um retroprojetor para caneta, quadro branco e projeção de *slides*, contendo praticamente a mesma transparência que era projetada anteriormente.

Frente a essas dificuldades e vícios tanto de professores, quanto de alunos, foi necessário um suporte teórico e epistemológico para obtermos explicações e formas de combater esses problemas, para ministrar aulas que façam o aluno atingir uma aprendizagem mais significativa possível e compreender um pouco da Física, vendo as coisas do mundo a sua volta de uma forma mais crítica.

3.1. Referencial Teórico

O autor que serve como base deste trabalho é David Paul Ausubel. Apesar de ser médico-psiquiatra de formação, Ausubel dedicou-se à psicologia da educação por toda a sua carreira, chegando a ser professor emérito da universidade de Columbia, em Nova York (MOREIRA, 2014). Sua teoria sobre aprendizagem foi escolhida por, já na concepção, estar direcionada ao processo de ensino-aprendizagem em sala de aula e se aprofundar em aspectos característicos do contexto escolar.

Ausubel (2000) percebeu com muita preocupação os rumos que tomavam outras teorias tocantes à aprendizagem, no que tange principalmente à crítica à aprendizagem por recepção e ao estímulo a uma aprendizagem por mera memorização. Provavelmente, essas tendências surgiram em decorrência de um entendimento confuso a respeito de aprendizagem por recepção e por descoberta, como também sobre a concepção de aprendizagem significativa e por memorização. Os tipos de aprendizagem e em especial à aprendizagem significativa, a qual é o centro da teoria de Ausubel, mais adiante serão discutidas.

O ensino expositivo está sendo muito criticado pelos especialistas educacionais, em favor de um ensino baseado em resolução de problemas e com a utilização de técnicas cada vez mais elaboradas para conseguir aumentar a capacidade de memorização⁵. Ausubel (2000) explica a ocorrência dessa crítica pela ausência da implementação de uma teoria de aprendizagem verbal significativa, para que haja a eficiência de um ensino expositivo que valorize uma aprendizagem por recepção.

De acordo com o próprio Ausubel existem vários aspectos que caracterizam o uso inadequado do ensino expositivo:

- uso prematuro de técnicas verbais puras com alunos imaturos em termos cognitivos;

⁵ Ausubel não especifica claramente quais especialistas criticam o ensino expositivo, quando faz essa referência, mas, ao final do capítulo I – Apresentação da Assimilação da Aprendizagem e Retenção Significativas, em suas referências, enumera obras mais recentes como as de Ashcraft, Chance e Richardson *et al*, tratando de assuntos com essa temática (apud AUSUBEL, 2000, p. 18).

- apresentação de fatos não relacionados sem quaisquer princípios de organização ou de explicação;
- não integração de novas tarefas de aprendizagem com materiais anteriormente apresentados;
- utilização de procedimentos de avaliação que avaliam somente a capacidade de se reconhecerem fatos discretos ou de se reproduzirem ideias pelas mesmas palavras, ou no contexto idêntico ao encontrado originalmente. (AUSUBEL, 2000, p. 7)

Nosso autor, como um representante do cognitivismo, parte de algumas premissas, como a consideração de que exista uma estrutura cognitiva idiossincrática e dinâmica no ser humano e ela é organizada conceitualmente de forma piramidal, por hipótese (ARAGÃO, 1976), ou seja, conceitos, ideias ou significados mais relevantes, claros e mais inclusivos seriam, nessa dita pirâmide, hierarquicamente superiores a outros, os quais estariam ou poderiam ficar incorporados a eles.

Para entendermos melhor a Teoria da Assimilação da Aprendizagem Verbal Significativa, há a necessidade de distinguirmos os tipos de aprendizagens que podem ocorrer e qual delas seria a desejável de acordo com nossos objetivos de ensino.

Deve ser feita inicialmente a distinção entre a aprendizagem por recepção e por descoberta. A segunda aliás, no entendimento de nosso autor (AUSUBEL, 2000), é para autores como Bruner (1960)⁶ muito bem vista, porém nada eficiente para o ensino regular em escolas brasileiras, pois para ela ocorrer deve-se ensinar sem dar ao aprendiz o produto final da aula, ou seja, ele tem que descobrir ou chegar a esse conhecimento pelo próprio esforço, o que pode demorar tempo demais quando o professor considera cumprir um currículo mínimo até o final do ano letivo. Já na primeira, quando bem conduzida pelo professor, apesar do cunho expositivo, o aprendiz é informado sobre o dito produto final da aula e também pode atingir os objetivos previstos, demorando para isso menos tempo se comparada à segunda, por questões óbvias. Contudo em ambas as formas de como se aprendeu, não fica garantido a quem ensinou se essa aprendizagem é de algo que se incorporou a estrutura cognitiva substantivamente e de forma não arbitrária ou se simplesmente foi um armazenamento de informações com mínimas ligações cognitivas, sem um relacionamento claro com o conhecimento prévio do aprendiz.

Assim em outra perspectiva, temos que identificar o que é uma aprendizagem que nos serve apenas para resolução de problemas, baseada em um acúmulo de informações

⁶ Bruner vê vantagens na aprendizagem por descoberta, não necessariamente refutadas por Ausubel (AUSUBEL, 2000, p. 50).

desorganizadas, mas memorizadas, com o objetivo de apenas alcançar uma boa nota na prova, porque não lembramos mais sobre nada daquilo ensinado. Isso segundo Ausubel (apud MOREIRA, 2014) é a aprendizagem do tipo mecânica ou automática, cuja ocorrência é maior do que qualquer professor (com o direcionamento de formar seu aluno para exercer sua cidadania) desejaria em seus alunos, mas é ela em muitos ambientes escolares a que acontece preponderantemente.

Os parâmetros curriculares nacionais (PCN+) a respeito do novo ensino médio destacam:

O novo ensino médio, nos termos da lei, de sua regulamentação e de seu encaminhamento, deixa de ser, portanto, simplesmente preparatório para o ensino superior ou estritamente profissionalizante, para assumir necessariamente a responsabilidade de completar a educação básica. Em qualquer de suas modalidades, isso significa preparar para a vida, qualificar para a cidadania e capacitar para o aprendizado permanente, em eventual prosseguimento dos estudos ou diretamente no mundo do trabalho. (PCN+, 2001)

Fica claro nesse trecho dos PCN+ que não há mais espaço para escola e o professor estimularem uma aprendizagem mecânica que possibilita ao nosso aluno ter bom desempenho em uma prova, mas que não o aproxima da realidade em que vive, não aplicando nada do que aprendeu em seu cotidiano ou pelo menos não percebendo a possível aplicação.

Qual seria a aprendizagem que o nosso discente deveria alcançar? Nosso autor e outros defendem que a aprendizagem deve ser significativa. Assim sendo, como podemos compreender a aprendizagem significativa? Ausubel tem o seguinte entendimento:

A aprendizagem que devemos buscar no ensino deve ser de natureza significativa, em contraposição à aprendizagem mecânica que incorpora conhecimentos arbitrariamente sem considerar os conceitos preexistentes na estrutura cognitiva, por isso podemos considerar que uma aprendizagem desse tipo foi mero armazenamento de informação (MOREIRA, 2014).

A aprendizagem significativa se viabiliza quando uma nova informação interage com o conhecimento prévio, claro e mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva, modificando esse traço da referida estrutura. Nesse processo, a interação anteriormente mencionada é o que o autor chama de subsunção, a qual é possibilitada porque na estrutura cognitiva existe um conceito subsunçor. Conseqüentemente, o subsunçor funciona como um "âncora" a um novo conceito ou proposição que se relacionam a ele na forma subordinada.

Logicamente pode-se perceber outra situação passível de ocorrência, isto é, a inclusividade ou generalidade do conceito ou proposição a ser aprendida pode ser maior do que a daqueles preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, o que inverte a relação de

subordinação entre essas informações. A aprendizagem significativa ainda ocorrerá nesse caso, mas na forma superordenada, pois haverá a interação entre os conhecimentos e a devida incorporação a estrutura cognitiva desse produto interacional.

Ainda escapa do abrangido pelas duas formas de aprendizagem significativa uma forma de aprendizagem que não guarda na interação entre o conhecimento prévio e a nova informação uma relação de subordinação ou superordenação e, contudo, há a ocorrência da aprendizagem significativa mesmo assim pois o novo conhecimento pode ter uma relação mais ampla com o preexistente na estrutura cognitiva, embora essa relação não seja percebida com aspectos específicos dela. Assim temos o que é chamado de aprendizagem combinatória.

O processo de uma forma geral para ocorrência da aprendizagem e da decorrente retenção significativas é chamado de assimilação (AUSUBEL, 1968), o qual acontece em dois estágios, sendo o primeiro já bem esclarecido nas diversas formas de aprendizagem significativa, a não ser no que diz respeito a retenção, o que para esclarecer, fazemos o exemplo esquemático representado na figura 1:

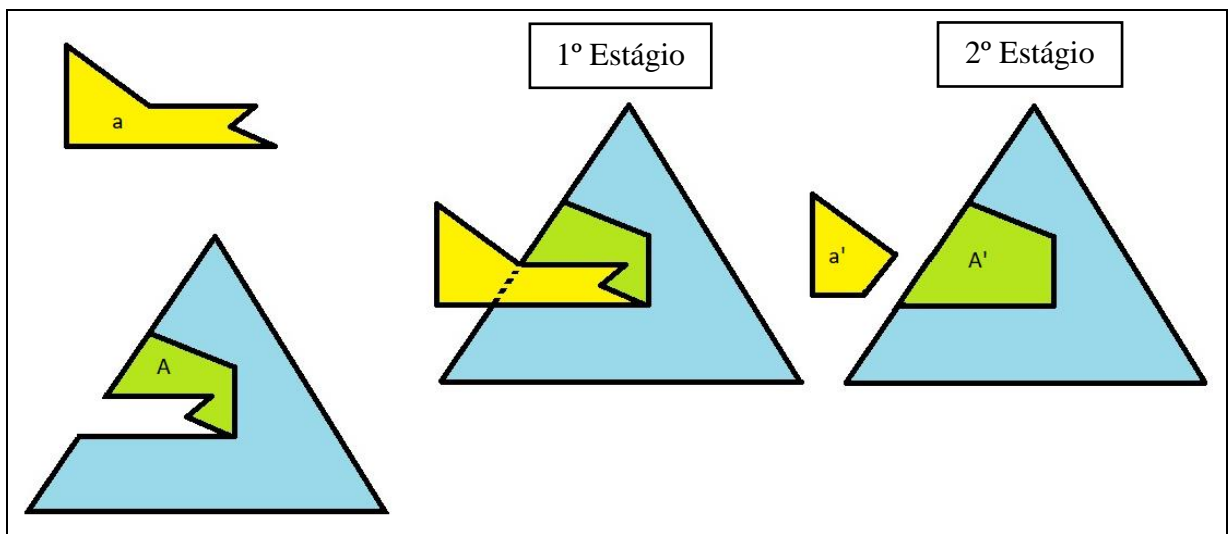


Fig. 1: Esquema que mostra os estágios da Assimilação em uma situação de aprendizagem significativa, modificando a estrutura cognitiva. Fonte: o autor.

O esquema deixa claro que o produto interacional $A'a'$ é resultado de uma modificação tanto da nova informação a , quanto do subsunçor A e por certo tempo o referido produto é dissociável, permitindo a retenção de a' ser mais favorecida.

Já no segundo estágio, por uma tendência reducionista, ocorre o que Ausubel chama de assimilação obliteradora, apesar da ocorrência da aprendizagem significativa, ou seja, o produto $A'a'$, reduz-se a A' . A nova informação modificada para a' desapareceu da estrutura cognitiva, o que chamamos de esquecimento. Dessa forma, o esquecimento faz parte da

seqüência natural de etapas do processo de assimilação como um todo para que ocorra a aprendizagem (MOREIRA, 2014).

Como a estrutura cognitiva se modifica constantemente na medida em que se aprende novos conhecimentos, ela se reorganiza através de dois processos determinados basicamente pela forma de aprendizagem significativa. Assim se a aprendizagem ocorreu por uma relação de subordinação entre um conceito subsunçor, presente na estrutura cognitiva, e a nova informação (aprendizagem subordinada), leva-se à diferenciação progressiva do primeiro. Em contrapartida, se a aprendizagem for superordenada ou combinatória, o processo de reorganização da estrutura cognitiva é chamado de reconciliação integrativa.

Isso posto, fica claro que, para Ausubel, é fundamental que o professor deva conhecer os conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno, mesmo considerando que ela seja idiossincrática e dinâmica, e ensiná-lo de acordo com esses conceitos, ideias ou significados, tendo somente assim a percepção em sua aula de como apresentar ao seu discente um conhecimento potencialmente significativo.

Para Ausubel (apud MOREIRA, 2014), existem condições para ocorrência da aprendizagem significativa: primeiramente, o conhecimento a ser ensinado deve ser potencialmente significativo, ou seja, o aprendiz deve conseguir relacioná-lo à sua estrutura cognitiva e, por fim, ele também deve querer aprender. Sem essa predisposição do aprendiz, por mais potencialmente significativo que seja o conhecimento, nada impede de ele simplesmente armazenar arbitrariamente a informação, deixando de ocorrer a interação com a estrutura cognitiva preexistente.

O professor mesmo na perspectiva ausubeliana dentro do processo de ensino-aprendizagem não deixa de ser um personagem muito importante, embora não seja o único a ter conhecimentos prévios importantes para a aula. A ele cabe a iniciativa de conhecer seu aprendiz e também é ele que fará a transposição didática entre o conhecimento científico, principalmente quando tratamos de ensino de Física, e o que seu aluno deve aprender, contextualizando o conhecimento à realidade do discente, além de ser uma forma de torná-lo potencialmente significativo.

Pelo que foi discutido até este momento, percebe-se uma diferença enorme entre as aprendizagens significativa e mecânica, mas mesmo assim Ausubel destaca algumas preocupações a se ter quando se quer alguma evidência de aprendizagem significativa principalmente com relação às nossas avaliações mais comuns:

Surpreendentemente, nem sempre é fácil demonstrar que ocorreu aprendizagem significativa. A compreensão genuína implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Porém, se

alguém tentar testar tais conhecimentos, pedindo aos estudantes que indiquem os atributos de critérios ou os elementos essenciais de um princípio, pode simplesmente fazer com que surjam verbalizações memorizadas. Por conseguinte, os testes de compreensão devem, no mínimo, ser expressos em diferentes linguagens e apresentados num contexto algo diferente do material de aprendizagem originalmente encontrado. Talvez a forma mais fácil de os fazer seja pedir aos estudantes que diferenciem ideias relacionadas (semelhantes), mas não idênticas, ou escolham os elementos que identificam um conceito ou uma proposição de uma lista que contenha os conceitos relacionados, bem como as proposições (testes de múltipla escolha). (AUSUBEL, 2000)

Uma proposta na perspectiva ausubeliana, em virtude de existir o perigo da simulação memorizada da compreensão significativa, na elaboração de questões e problemas, pode ser pensada utilizando uma roupagem nova e desconhecida para os alunos e, além disso, trazendo uma exigência de transformação máxima de conhecimentos existentes (AUSUBEL, 2000).

Segundo Moreira (2014), apesar da aprendizagem mecânica não ser desejada, Ausubel ainda nos traz que ela e a aprendizagem significativa estão posicionadas em um contínuo, ou seja, não há apenas uma dicotomia, possibilitando, portanto, configurações intermediárias de aprendizagem.

Para consolidar esquematicamente o que foi exposto sobre a teoria da assimilação de aprendizagem verbal significativa de Ausubel, está representado o mapa conceitual autoral da referida teoria na figura 2.

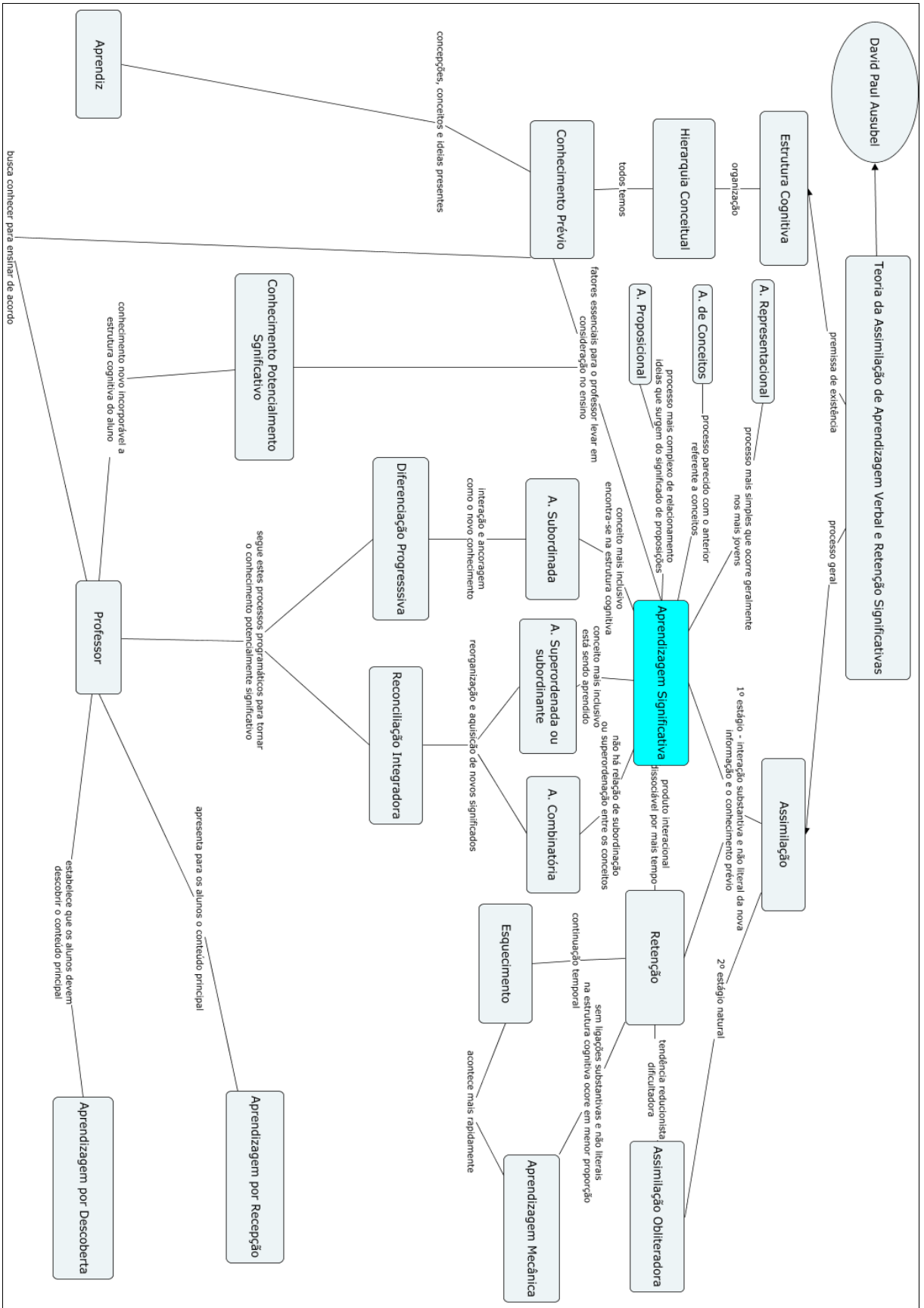


Fig. 2: Mapa Conceitual sobre a Teoria da Assimilação da Aprendizagem Verbal e Retenção Significativas - Fonte: o autor.

3.2. Referencial epistemológico

O foco deste trabalho é a sala de aula, mas não podemos esquecer que a aula é de Física, ou seja, de um campo da ciência amplo e talvez o mais representativo. Dessa forma, foi escolhido um epistemólogo dentre vários autores canônicos de obras epistemológicas a respeito do que é ciência e de como ela foi e é desenvolvida até hoje.

Nosso suporte epistemológico é dado por Mario Bunge, um filósofo da ciência argentino, nascido em 1919, PhD em ciências Físico-Matemáticas e atualmente é professor na Universidade de Mc’Gill, Montreal, Canadá (MOREIRA; MASSONI, 2011). A escolha foi feita porque ele, através de uma argumentação muito consistente, define parte do fazer científico como a imaginação de modelos conceituais cuja noção para as atividades propostas em nosso trabalho dependem sobremaneira. Moreira e Massoni (2011) destacam isso na passagem a seguir:

[...] Faz-se ciência, segundo Bunge, formulando questões claras, imaginando modelos conceituais das coisas, às vezes teorias gerais, e tentando justificar o que se pensa e o que se faz, seja através da lógica, seja através de outras teorias, seja através de experiências, aclaradas por teorias. (*apud* MOREIRA; MASSONI, 2011, p. 163)

Nosso epistemólogo é um realista e racionalista que entende a Ciência como um enfoque racional do mundo dado pelo homem. Para ele, os animais simplesmente estão no mundo, enquanto que o homem tenta entendê-lo para torná-lo mais confortável. Assim, esse ser constrói este corpo de ideias, chamado Ciência, as quais se estruturam em um conhecimento racional, exato, verificável e consequentemente falível (MOREIRA; MASSONI, 2011).

A palavra polimórfica “modelo” ganha com Bunge mais alguns significados, além de um emprego mais objetivo e direcionado ao fazer científico. Com ele, identifica-se, quando o homem busca apreender a realidade em um exercício de idealização e simplificação, o Modelo Conceitual ou Objeto-modelo de um fenômeno físico.

Ao inserir um modelo conceitual de um fato real em uma teoria física (mecânica newtoniana por exemplo), aproximando a realidade a um sistema hipotético-dedutivo geral, ou seja, ocorre a possibilidade de ligações mais claras de eventos reais a hipóteses ou enunciados que transcendem observações, pois dizem respeito a classes inteiras de fatos. Dessa forma, chegamos no dito Modelo Teórico ou na Teoria Específica.

As ciências classificadas por Bunge como factuais, sendo a Física uma delas, tem como “sistema nervoso” suas teorias (CUPANI; PIETROCOLA, 2001). As teorias gerais, muito embora possuam também o compromisso em explicar a realidade, são tão amplas que

não se consegue aplicá-las diretamente aos dados empíricos, apesar de eles estarem muito mais próximos do real. Contudo, representando apenas parte da realidade, idealizando alguns objetos, eventos ou sistemas e incorporando isso tudo em uma teoria geral, poderemos atingir as teorias específicas cujas aplicações fazem jus ao nome, pois são direcionadas a poucos gêneros de situações e restritas a um domínio de validade. Conforme exemplifica nosso autor no quadro 1.

Quadro 1: Exemplos de sistema físicos associados à correspondente teoria geral, modelo teórico e conceitual

Sistema	Objeto-modelo	Modelo Teórico	Teoria Geral
Lua	Sólido esférico girando em torno do seu eixo, em rotação à volta de um ponto fixo, etc.	Teoria lunar	Mecânica clássica e teoria gravitacional.
Luar	Onda eletromagnética polarizada plana	Equações de Maxwell para o vácuo.	Eletromagnético clássico
Pedaço de gelo	Cadeia linear casual de contas	Mecânica estatística de cadeias casuais	Mecânica estatística
Cristal	Grade mais nuvem de elétrons	Teoria de Bloch	Mecânica quântica

Fonte: BUNGE, 1973.

Os modelos como podemos perceber no quadro 1 fazem um papel mediador entre teoria e realidade, aproximando-os. Segundo Brandão *et al* (2010, p. 27), a adequação dos modelos científicos aos fatos ocorre pela influência de três fatores: “das perguntas que se quer responder, da quantidade de informações disponíveis e das idealizações que são tomadas com respeito ao sistema ou fenômeno físico avaliado”.

Esses fatores citados são determinantes para identificação dos referentes reais, relações, variáveis e parâmetros do modelo teórico que vai descrever parte da realidade com boa aproximação. Dentre os referidos elementos essenciais de um modelo estão os referentes que são os objetos ou eventos reais modelizados e que interagem com o sistema físico (BRANDÃO *et al*, p. 27).

O referente pelo nome não esclarece toda a sua importância para o modelo e por isso causa ao aprendiz certa estranheza inicial, porém, identificando-o em um fato de análise, pode

tornar uma situação-problema mais esclarecida, pois organiza o raciocínio físico sobre as várias influências sensíveis pelo sistema, fazendo a devida correspondência.

Um exemplo do que foi mencionado no parágrafo anterior pode ser utilizado quando analisamos as forças exercidas no lançamento de uma bola de basquete. Em uma modelização mais tradicional e simples, consideramos a influência que a bola recebe da Terra, devido à interação gravitacional, ou seja, um primeiro referente seria a Terra (além da própria bola). Porém, se sofisticarmos essa modelização, podemos acrescentar mais um referente, o ar, por ser exercida sobre a bola uma força que é contrária à velocidade dela (força de arraste do ar). Ainda, visando descrever movimentos em curva ou com um tempo de voo maior que o previsto pelo modelo tradicional, poderíamos incluir como mais um referente a rotação da bola em meio viscoso, porque dessa maneira seria possível considerar que no sistema é exercida uma força com sentido ortogonal à sua velocidade linear e velocidade angular (força de *Magnus*).

Nas atividades computacionais previstas no produto deste trabalho, espera-se que se torne mais evidente o contexto dos modelos na Física, principalmente, por objetivarmos no ápice da proposta tanto atividades exploratórias e expressiva de modelagem. A modelagem exploratória disponibilizada é definida pela análise da estrutura básica de um modelo computacional já construído, permitindo ao aluno o acesso à estrutura original de construção do modelo, com a necessidade de descrevê-lo, corrigi-lo e/ou complementá-lo. Por outro lado propõe-se modelagens expressivas caracterizadas pelo processo de construção do modelo computacional desde sua estrutura lógica, matemática (equações), além daquilo que pode ser desenvolvido com as modelagens exploratórias, como definem Araujo *et al* (2012).

No planejamento das aulas, na fase de construção desta proposta, está abarcada uma organização programática que, em sequência, destaca inicialmente os conceitos mais gerais ou as situações pertencentes à realidade dos alunos e segue para conceitos menos inclusivos e mais específicos, que direcionam a discussão para situações idealizadas, ou seja, para alguns modelos da Física. Ainda está previsto nessa organização, movimentos da discussão conduzidos pelo professor, onde ele pode retomar relações entre ideias (divergências, similaridades ou discrepâncias), partindo de conceitos específicos para os conceitos mais inclusivos. Assim respectivamente observam-se dois princípios programáticos da Teoria de Aprendizagem de Ausubel: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa; e um enfoque bungeano a respeito da Física, mais especificamente, da mecânica, a qual estuda o movimento dos sistemas físicos.

Portanto este trabalho almeja levar o aprendiz à aprendizagem significativa, atendendo as duas condições de ocorrência enumeradas anteriormente, principalmente, no que se refere à predisposição a aprender do aluno, pois a abordagem com tecnologia da informação e comunicação tenta atualizar o ensino para esta geração digital. Ressalto, por fim, como destacam Moreira e Massoni (2011), os aspectos positivos ao aluno se apropriar de modelos e com isso se instrumentalizando ao representar parte realidade, o que favorece sua compreensão de mundo e exercita sua capacidade criativa e reflexiva.

4. PROPOSTA E ASPECTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, apresentamos a proposta calcada em aulas tradicionalmente introdutórias no contexto do ensino de Física na escola básica. O conteúdo principal é o de Mecânica, que é dividida de uma forma inicial em um estudo de cinemática e dinâmica. Na intenção de atingir objetivos gerais e específicos deste trabalho, houve a preocupação no planejamento de todos episódios de ensino em retratar situações presentes no cotidiano do discente (esportes, olimpíadas e algumas curiosidades informadas), desmitificar um pouco a Ciência, tratando em alguns momentos de como se faz Ciência em uma perspectiva bungeana e inserir TICs como meio auxiliar de ensino, instrumento de registro de atividades do aluno ou até como instrumento de avaliação para o professor, além de elas serem um material atrativo e motivador para as aulas de Física.

Uma premissa utilizada foi a de entender que o nosso aluno atual é muito diferente do aluno que o antecedeu há cinco anos ou mais, pois o contexto de vida atual de qualquer pessoa não é mais o mesmo, devido principalmente às evoluções tecnológicas. Assim, buscando aulas que sejam atraentes ao perfil moderno de nosso aprendiz, despertando um interesse em apreender mais sobre Ciência e utilizando as TICs em favor disso tudo, a proposta de nossas aulas estimulam o aluno a empregar o microcomputador em praticamente todas atividades, pois são propostos exercícios e tarefas, as quais envolvem gráficos em planilha eletrônica, análise de vídeos (captados pelos próprios *smartphones* dos alunos) no *software Tracker* e atividades de exploração e construção de modelagens computacionais no *software Modellus*.

O público-alvo pretendido seria preferencialmente os alunos de 1º ano, por uma questão convencionada já há algum tempo no ensino médio de iniciar com o estudo de Mecânica, muito embora exista uma recomendação nos PCN's de que o ensino de Física não precisa ter esta ordenação obrigatória. Ressaltamos ainda a perfeita oportunidade de se aplicar aulas desse tipo em horário regular, fazendo parte do contexto curricular de uma escola. Contudo, no próximo capítulo, serão detalhadas algumas circunstâncias que impediram a aplicação mais próxima daquilo que propomos neste momento.

É necessário ao professor, antes que se detalhe nossa proposição de aulas, verificar a disponibilidade de certa logística satisfatória para realização por completo de todas atividades da proposta. Por exemplo: os próprios microcomputadores (*desktops*, *laptops* ou *tablets* com configuração mínima para executar vídeos de boa resolução e os softwares já citados) cujo número ideal deve ser igual ao de alunos em uma turma, mas, por experiência, temos bons resultados considerando uma máquina para cada dupla de alunos. A sala de aula deve ter uma

disposição adequada para haver uma dinâmica de apoio do professor aos discentes e de suporte de informática (como conexões a internet, intranet e de energia elétrica) em algumas imagens no capítulo seguinte observa-se uma possibilidade e, por fim, entendendo que seja algo nos dias de hoje perfeitamente possível, um técnico de informática para pelo menos manter as máquinas, pontos de dados e de energia elétrica em boas condições de funcionamento.

Para dar início às aulas, de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa, o professor deve procurar saber o que o aluno já sabe e a forma com que isso pode acontecer será por intermédio do questionário sobre força e movimento (SILVEIRA *et al*, 1986).

Existem várias possibilidades de saber o conhecimento prévio de nossos alunos, Silveira *et al* (1986) deixam isso bem claro, citando até uma forma mais eficiente de coleta dessas informações como a entrevista, porém por razões práticas no contexto escolar não há tempo e espaço para essa metodologia de avaliação. O referido questionário foi escolhido, por já estar consagrado na literatura como um instrumento fidedigno e com consistência interna de avaliação, além do mais trata justamente do conteúdo essencial dos episódios de ensino e, ainda, é uma forma de teste objetivo, o que facilita para os respondentes, e possui um enfoque conceitual sobre o conteúdo de força e movimento, privilegiando um raciocínio mais puramente físico do que matemático.

Após o teste, o professor pode avaliar as concepções dos alunos e indicações daquilo que eles conhecem e relacionam à Física (no caso específico aos movimentos dos corpos), as aulas seguintes terão isso como referência. Dessa forma, o professor possuirá subsídios que o ajudarão a planejar aulas, as quais poderão fornecer conhecimento potencialmente significativo.

Há, em ato contínuo ao do teste anterior, mais um questionário (TALIM, 2004) que poderá oferecer indícios sobre a predisposição do aluno em aprender Física, ou seja, com que atitude ele enfrenta uma aula de Física. Portanto, a partir dessa informação, o professor possuirá um indicador preliminar a respeito da condição que faltava, considerando as informações obtidas com o primeiro questionário, segundo Ausubel (*apud* MOREIRA, 2014), para se atingir a Aprendizagem Significativa. A predisposição a aprender Física é vital na visão ausubeliana, pois mesmo com o professor ministrando aulas pelas quais forneça um conhecimento potencialmente significativo, existe a possibilidade de o discente armazenar essa informação arbitrariamente na estrutura cognitiva (aprendizagem mecânica) pelo fato de ele não estar predisposto.

O resultado dos questionários iniciais não seria informado inicialmente aos alunos, porém, no último encontro, havia a previsão de reaplicá-los, servindo conseqüentemente de pré-testes e pós-testes a um ensino praticado nesta proposta e, também, como verificação de mudança de atitude por parte dos alunos.

O uso do computador por parte do professor ocorreria para ilustrar através de projeção de *slides* pequenos textos, questões, vídeos, modelagens e simulações. No caso do aluno, em aula, ele responderia testes, questões, interagiria com modelagens e simulações, construirá gráficos e postará materiais em texto, vídeo ou imagens. Todas atividades dos alunos realizadas nos microcomputadores seriam postadas na plataforma *MOODLE*, no link presente na conta de cada aluno inscrito na disciplina de Física da correspondente série.

Como é fácil e comum a dispersão das pessoas quando usufruem de microcomputadores, devido ao acesso à *internet* e ao uso de diversos programas (jogos), foram previamente preparadas contra isso e a favor de um processo de ensino-aprendizagem mais ativo várias atividades a serem realizadas preferencialmente em sala de aula. O quadro 2 relaciona nosso rol de atividades da proposta, fazendo uma correspondência com o assunto estudado e os recursos didáticos utilizados.

Quadro 2 - Tarefas para os alunos durante os encontros de ensino, exceto as com observações para realização em casa.

Tarefas	Descrição	Assunto	Recursos do Software/hardware	Obs
1	Análise da relação entre dados, utilizando o <i>software Calc</i>	Cinemática	- Inserção de gráfico de dispersão; - Inserção de linha de tendência e equação da curva.	-
2	Identificação da equação (função) de acordo com análise gráfica, utilizando o <i>software Calc</i>	Cinemática	- Inserção de gráfico de dispersão; - Inserção de linha de tendência e equação da curva.	Tarefa para casa
3	Gravação de vídeos com os próprios smartphones de pequenos lançamentos	Cinemática	- filmadora do <i>smartphone</i> . - Postagens de vídeos em canal do	Tarefa para casa

			<i>Youtube.</i>	
4	Obtendo dados a partir da equação (modelos teóricos).	Cinemática	- Inserção de gráfico de dispersão; - Utilização das funções (fórmulas) do <i>software Calc.</i>	-
5	Análise de vídeo com medidas de tempo e posição	Cinemática	- Coleta de dados no <i>software Tracker.</i>	-
6	Confronto de dados teóricos e medidas do <i>software Tracker</i>	Cinemática	- Inserção de gráficos no <i>software Tracker.</i>	-
7	Identificação dos Modelos nos movimentos gravados em vídeo e da teoria geral correspondente a esses modelos.	Dinâmica	- Uso da Planilha eletrônica; - Gravação de vídeos de canal do <i>Youtube</i> no <i>Windows.</i>	Tarefa para casa
8	Gravação de vídeos com os próprios smartphones de grandes lançamentos	Dinâmica	- filmadora do <i>smartphone.</i> - Postagens de vídeos em canal do <i>Youtube.</i>	-
9	Construção de modelagem no <i>software Modellus</i>	Dinâmica	- Gráficos, equações e animações.	-
10	Análise exploratória de modelagem construída no <i>software Modellus</i> , que considera o arraste do ar e a rotação do projétil	Dinâmica	- Gráficos, equações e animações.	Tarefa para casa

Fonte: o autor.

Enfim a ideia central seria deixar as aulas naturalmente contextualizadas, pois o seu direcionamento ocorrerá baseado em parte daquilo que o aluno já sabe ou tem curiosidade em saber. As modelagens apresentadas ao discente e construídas por ele servirão ao seu interesse em compreender melhor a realidade através do exercício de modelizar o real, partindo de atividades originadas por observações do próprio aluno e chegando à realidade idealizada pela ciência (PIETROCOLA, 1999).

A proposta de aulas sobre mecânica, convidava o discente a perceber alguns movimentos do seu cotidiano, principalmente, por estarmos em ano de olimpíada, foi inserido movimentos de corpos relacionados a algum esporte. Exemplos de movimentos foram enumerados do basquete, futebol e atletismo.

Os encontros foram divididos em aulas de cinemática e dinâmica. As aulas de cinemática iniciavam com atividades propostas em aula e em casa, com análise gráfica e interpretação dos conceitos de velocidade e aceleração, sempre solicitando ao aluno que fizesse uma referência a um movimento real. Isso, visando tratar a descrição tradicional MRU e MRUV como modelos teóricos, os quais surgem de uma simplificação da realidade, e, dessa forma, esclarecendo ao nosso aprendiz que a ciência pode ser feita assim.

Em complemento à noção bungeana sobre o fazer científico, nas aulas de dinâmica, que tem como conteúdo principal as leis de Newton, evidenciou-se a compreensão de que elas faziam parte de uma teoria geral (mecânica clássica ou newtoniana) e também que mesmo de posse dos dados coletados nas observações, através do *software Tracker*, não vemos uma relação clara e estreita entre teoria e realidade, a não ser quando trazemos para análise os modelos teóricos.

Nas aulas de uma forma geral, foram tratados conceitos mais inclusivos e claros, inicialmente, em exemplos de movimentos reais que inclusive podem ser gravados em vídeo pelos alunos oportunamente em dois encontros diferentes, para que no decorrer da exposição se coloque em discussão características mais abstratas do movimento. Um exemplo disso pode ser percebido em um lançamento da bola de basquete da posição de lance livre, quando ocorre a menção sobre sua velocidade inicial, mais adiante se chega às características desse vetor e, ao final, interpreta-se seu comportamento matematicamente. Esse princípio programático observou o que Ausubel chama de diferenciação progressiva, mas também em outros momentos buscou-se uma exposição dialogada no sentido inverso, pois ao identificarmos as características e comportamentos da velocidade da bola no referido movimento, podemos concluir que ela não aponta no sentido da aceleração e, portanto, não segue a força resultante,

de acordo com a 2ª lei de Newton. Logo a partir disso, seguiu-se outro princípio recomendado por nosso referencial teórico que é o da reconciliação integrativa.

No intuito de organizar originalmente o conjunto completo das aulas, foi feito o cronograma a seguir, no quadro 3, contendo a previsão de atividades a serem realizadas nesta proposta.

Quadro 3 - Cronograma de aulas desta proposta com suas atividades e seus respectivos objetivos.

Aula	Atividade	Argumentos/Objetivos	Tempo
1ª	- Pré-teste de concepção newtoniana e questionário de escala de atitude - Estudo de Cinemática I	- Identificar a simplificação da realidade constante em vários modelos teóricos utilizados no estudo de Mecânica; - Identificar os recursos de tecnologias de informação e comunicação que podem facilitar a compreensão do aluno na análise da descrição de vários movimentos (planilha eletrônica <i>Calc</i>); - Introdução de um dos modelos teóricos MRU e MRUV.	2h-a
2ª	- Estudo de Cinemática II	- Utilizar recursos de TICs para compreensão e descrição de movimentos captados por Smartphones ou câmeras (planilha eletrônica <i>Calc</i> e <i>software Tracker</i>).	2h-a
3ª	- Estudo de Cinemática III	- Utilizar recursos de TICs para compreensão e descrição de movimentos gravados em vídeos (<i>software Tracker</i>).	2h-a
4ª	- Estudo de Dinâmica I	- Interpretar as Leis que governam o movimento na perspectiva da Mecânica Newtoniana;	2h-a
5ª	- Estudo de Dinâmica II	- Utilizar recursos de TICs para compreensão, descrição e explicação dos movimentos (<i>software Modellus</i>).	2h-a

6 ^a	- Estudo de Dinâmica III	- Explorar uma modelagem construída no <i>software Modellus</i> que descreva um movimento considerando o ar, meio viscoso em que estamos mergulhados, e também a rotação dos corpos nesse meio como novos referentes do modelo.	2h-a
7 ^a	- Apresentação dos resultados da atividade exploratória no <i>software Modellus</i> . - Pós-teste da concepção newtoniana e questionário de escala de atitude.	- Desmitificar o alcance no lançamento de projéteis, com base na modelagem que considera o ar e a rotação dos corpos como referentes. - Avaliar a concepção a respeito de força e movimento e também a atitude dos alunos, considerando as aulas da proposta de ensino.	2h-a

Fonte: o autor.

5. APLICAÇÃO DA PROPOSTA

5.1. Preparação

Em meados do mês de agosto do ano de 2016, foi definido em conjunto com a coordenação da disciplina de Física do Colégio Militar de Porto Alegre (CMPA) que esta proposta de ensino seria aplicada como atividade extracurricular pertencente ao Clube de Física do referido estabelecimento de ensino. Dessa forma, a partir da decisão mencionada, nossa proposta foi chamada para o público do CMPA como Oficina de Tecnologias da Informação e Comunicação na Aprendizagem de Mecânica.

Logo após ter sido decidido pela criação da referida Oficina dentro do clube de Física, houve a necessidade de informar ao público do CMPA, para a devida adesão, o seguinte:

- as datas de realização dos encontros seriam os dias 12, 21 e 26 de setembro e 3, 10, 17 e 19 de outubro de 2016, sempre das 14h00 às 16h00, as segundas ou quartas-feiras;
- alunos de todo o ensino médio poderiam realizar a oficina;
- haveria um estímulo para aumentar a participação e a assiduidade no projeto pelos alunos: a frequência e realização das atividades do projeto valeriam uma nota parcial na disciplina de Física no 3º trimestre; e
- o local para realização das atividades da oficina seria no Laboratório de Matemática, por ser o local mais apropriado, devido a sua disposição de mesas e cadeiras, e também à disponibilidade de utilização de pelo menos dezesseis *laptops* (dois por mesa e um por duplas de alunos), de acordo com a figura 3.



Fig. 3: Sala da Oficina de TICs na aprendizagem de mecânica. Fonte: o autor.

5.2. Aulas da Proposta

Relatório - 1ª Aula

No primeiro dia de aplicação do Projeto, dia 12 de setembro de 2016, já havia consolidado uma relação de 36 (trinta e seis) voluntários a participar e, inclusive, foi feito o cadastramento deles no **Clube de Física – Mecânica**, curso aberto na plataforma *MOODLE* especificamente para a nossa oficina.

A presença foi quase completa na primeira aula, mas, logo que organizei a entrada da turma em sala e reforcei a sistemática das aulas, além das respectivas avaliações presentes em cada aula, houve a desistência de vários alunos. Assim a oficina foi iniciada com a inscrição confirmada até o final da primeira aula de 27 (vinte e sete) alunos.

Os alunos foram organizados conforme o previsto em cada mesa da sala de aula, com *laptops* suficientes para a aplicação, contudo os pontos de rede não atenderam a necessidade. O *MOODLE* foi uma ferramenta chave dentro das atividades do projeto, pois já nessa primeira aula os alunos tinham que trabalhar em dois arquivos encontrados no *link* Clube de Física – Mecânica constante nas suas contas cadastradas, conforme figura 4.

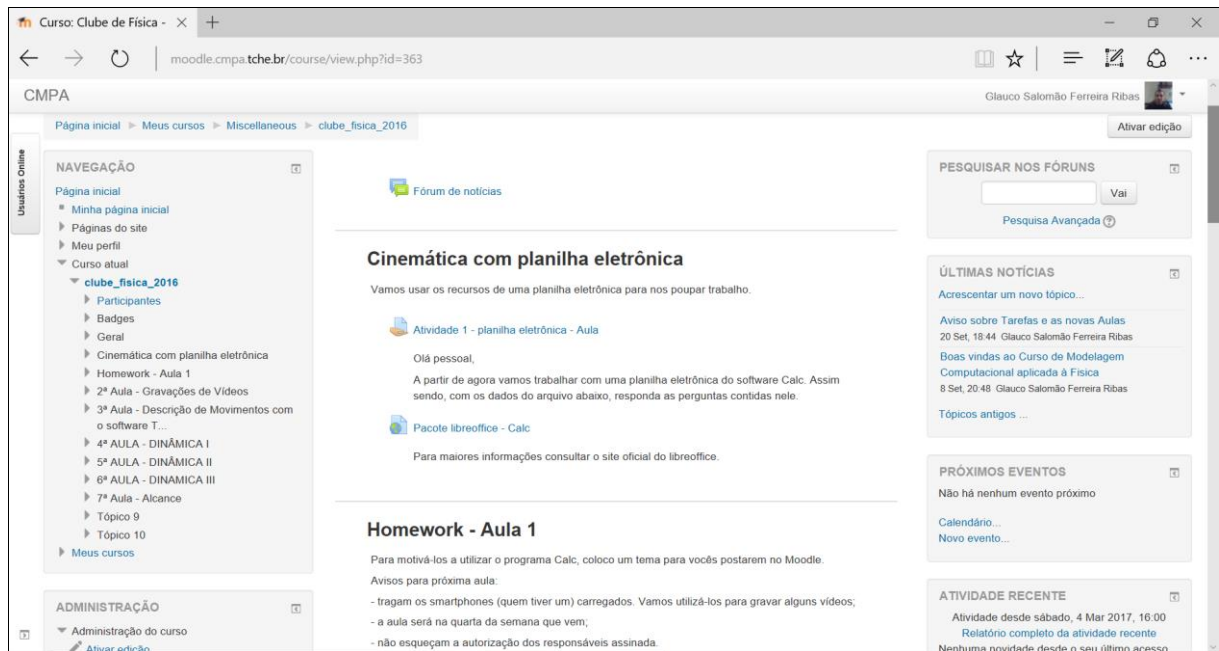
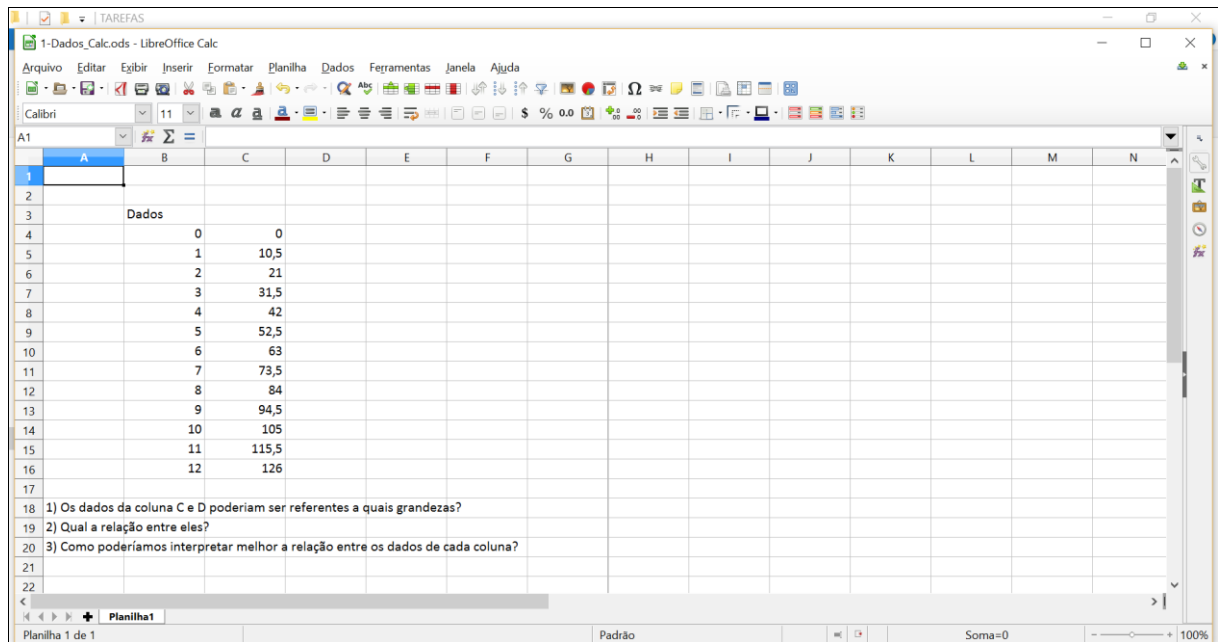


Fig. 4: Apresentação da plataforma *MOODLE* no Clube de Física – Mecânica. Fonte: o autor.

Conforme o plano da 1ª aula, a primeira atividade dos alunos foi responder a dois questionários um de concepções sobre força e movimento e outro de atitude em relação às aulas de Física. Os alunos utilizaram em torno de uma hora para responder esses questionários, o que ultrapassou a expectativa. Não houve tempo para desenvolver na primeira aula todas as atividades planejadas. Dessa forma, após a entrega dos questionários, os quais foram respondidos de forma anônima, foi apresentada sumariamente a forma com que estudaríamos e realizaríamos as tarefas na sala de aula ou até fora dela, identificando nossos instrumentos de estudo, como *smartphones*, *laptops*, *softwares*, *internet* e a própria plataforma *MOODLE*.

O primeiro contato com os laptops demandou um certo tempo para adaptação dos alunos, principalmente, porque eles se mostraram muito dependentes do professor para vários procedimentos simples para quem utiliza microcomputadores, como salvar, encontrar, substituir e postar arquivos. Essas ações no projeto deveriam ser repetidas várias vezes.

Uma tarefa executada na primeira aula foi a de analisar um gráfico, criado no *Calc*, planilha eletrônica do pacote *Libreoffice*, e contido em um arquivo postado no Clube de Física como tarefa, a qual solicitava que fosse realizado o *download* desse documento e respondido as disponibilizadas questões, para posterior postagem no *link* da tarefa. As questões e o gráfico tinham o objetivo de o aluno perceber como determinado movimento se caracterizava, de acordo com os dados fornecidos. A figura 5 mostra o *layout* da tarefa mencionada.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3		Dados												
4			0	0										
5			1	10,5										
6			2	21										
7			3	31,5										
8			4	42										
9			5	52,5										
10			6	63										
11			7	73,5										
12			8	84										
13			9	94,5										
14			10	105										
15			11	115,5										
16			12	126										
17														
18														
19														
20														
21														
22														

1) Os dados da coluna C e D poderiam ser referentes a quais grandezas?

2) Qual a relação entre eles?

3) Como poderíamos interpretar melhor a relação entre os dados de cada coluna?

Fig. 5: Imagem do arquivo que consta a tarefa 1. Fonte: o autor.

Também, foi deixado como um *homework* (trabalho para casa) uma tarefa similar a realizada em aula, para que fosse discutida na aula seguinte. Isso foi possível graças à plataforma *MOODLE* que possibilitava o acesso do aluno em casa também.

Relatório - 2ª Aula

Esta aula começou com a presença de 11 alunos, no laboratório de matemática, de acordo com o previsto e parte dela foi realizada no pátio do CMPA. Foi revisto com a turma a 1ª tarefa e exposto algumas dicas para realização da 2ª, utilizando até este momento o *software Calc*, para análise de gráficos de posição versus tempo e velocidade versus tempo. A ideia principal foi de expor o aluno a uma interpretação dos gráficos a respeito de todas as variáveis cinemáticas (posição, deslocamento, velocidade e aceleração), fazendo-o compreender o significado dessas grandezas, além de fazê-lo relacionar essas informações àquelas que constam nas equações tradicionais dos movimentos retilíneo uniforme (MRU) e retilíneo uniformemente variável (MRUV). A imagem da figura 6 ressalta o trabalho para casa.

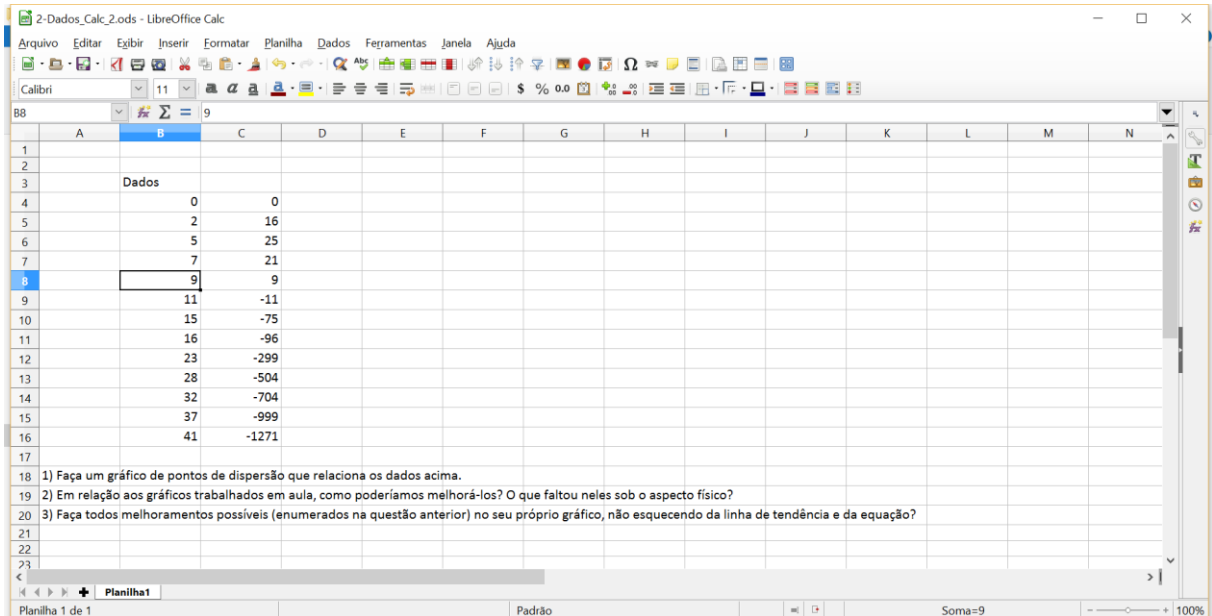


Fig. 6: Imagem do arquivo que consta a tarefa 2. Fonte: o autor.

O trabalho com gráficos dos alunos precisou de muito apoio do professor porque os alunos não estavam habituados com a planilha eletrônica, além de terem certa dificuldade com a interpretação dos gráficos. Contudo nesta aula vieram poucos alunos, o que favoreceu um auxílio viável do professor juntamente com o andamento das atividades previstas.

Para contextualizar aqueles movimentos que estávamos estudando graficamente e utilizar os *smartphones*, que foram solicitados na última aula, em uma segunda parte, os alunos foram acompanhados ao pátio do CMPA, onde realizamos várias gravações de movimentos. Foram utilizadas bolas de tênis, vôlei e basquete, para serem lançadas do segundo andar de uma das instalações por parte dos alunos, enquanto os outros gravavam em seus *smartphones* os movimentos. Como uma das quadras estava sendo desocupada, fomos fazer alguns lançamentos com a bola de basquete nas cestas, provocando bastante euforia nos alunos. As imagens das figuras 7 e 8 expõem como foi realizada a 3ª tarefa da proposta.



Fig. 7: Imagem que mostra o local de realização da tarefa 3. Fonte: o autor.



Fig. 8: Imagem que mostra um lançamento na quadra de basquete. Fonte: o autor.

Por fim, voltamos a nos reunir no laboratório para finalizar a aula com a retomada de alguns conceitos trabalhados e nos procedimentos a serem realizados para gravação de vídeos no *Youtube*, pois foi criado um canal (clube.fisica.mecanica@gmail.com) onde os vídeos deveriam ser postados. Assim, ficou esse compromisso das postagens para que na próxima aula começássemos a utilizá-los com o *software Tracker*. A seguir, na figura 9, uma visualização do canal do *Youtube* mencionado.

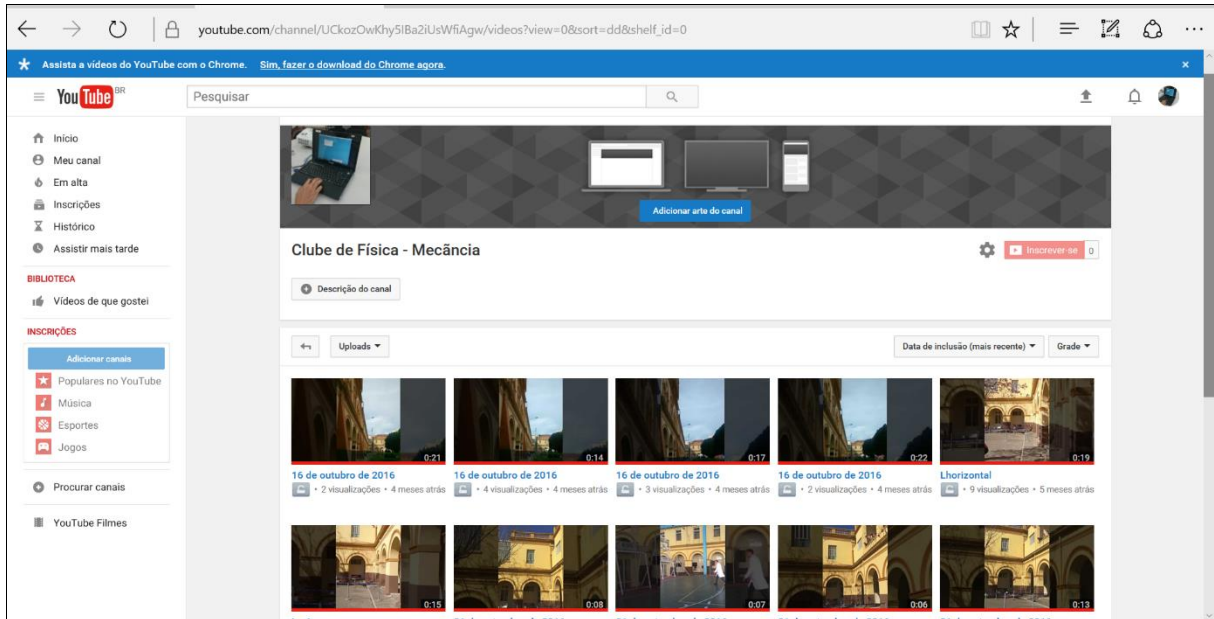


Fig. 9: Imagem que mostra o *layout* do canal do Clube de Física – Mecânica e alguns vídeos postados pelos alunos. Fonte: o autor.

Relatório – 3ª Aula

A terceira aula iniciou com 23 alunos, no laboratório de Matemática do CMPA, conforme o esperado. O que foi trabalhado nesta aula tinha por objetivo uma discussão inicial preparativa para o uso do *software Tracker*. Assim, alguns termos, como: parâmetros, condições iniciais, variáveis, passo entre outros, que foram utilizados nos trabalhos onde houve uso das planilhas e gráficos no *Calc* faziam mais sentido agora com o *Tracker*.

A primeira parte foi destinada a retirada de dúvidas a respeito das últimas atividades e, ainda, a um trabalho final com a planilha eletrônica. Foi pedido que os dados, anteriormente já fornecidos pelo professor em duas colunas e ao lado relacionados por um gráfico, agora fossem adquiridos através de equações de movimentos conhecidos, pois a relação entre as variáveis que eles representariam já estava determinada. Um destaque especial foi dado ao “passo”, ou seja, o intervalo de tempo em que conseguimos obter informações a respeito de velocidade e posição, visando à utilização correta dos *softwares Tracker* e *Modellus*. Em destaque na figura 10, a imagem da tarefa 4 constante em um arquivo do *Calc*.

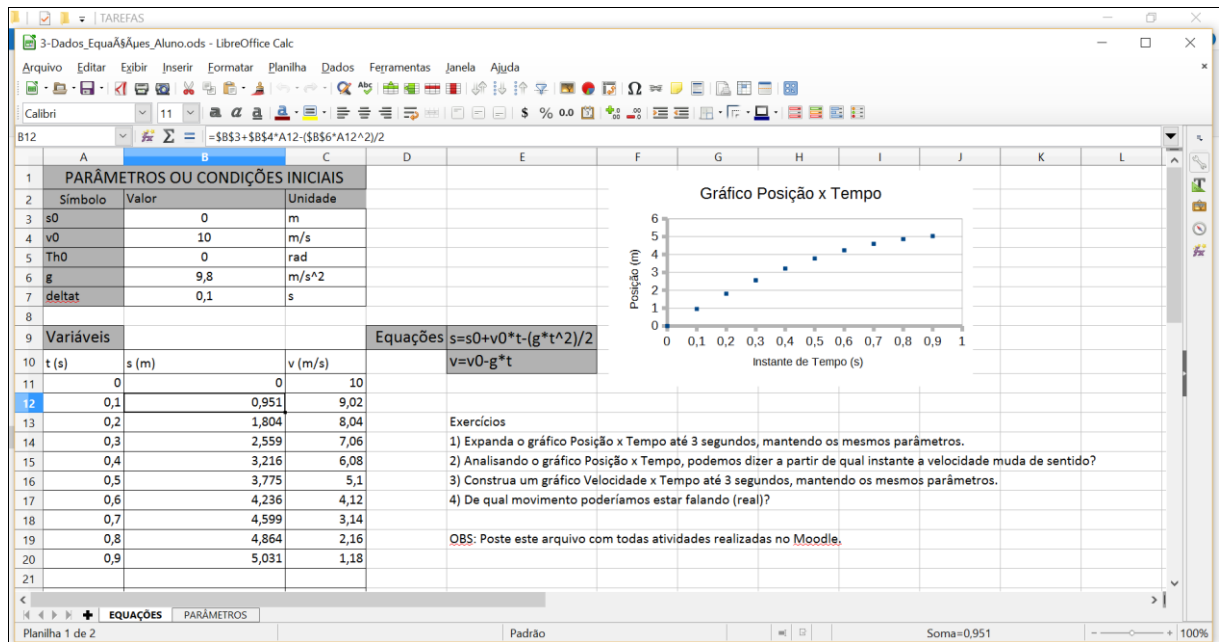


Fig. 10: A imagem do arquivo que consta a tarefa 4. Fonte: o autor.

Em uma segunda parte, iniciamos o trabalho com o software *Tracker*. Primeiramente, foi apresentado o programa, mostrando sua utilização principal como nosso instrumento de medida de posição, velocidade e até de aceleração. Foi feita uma captura de tela que conduziu os alunos aos primeiros passos no programa. O projeto foi um pouco prejudicado neste momento pois tínhamos que baixar os vídeos gravados em nosso canal no *Youtube* e a rede para isso não colaborou. Em algumas máquinas, deixamos gravado alguns vídeos que poderiam ser usados no *Tracker*, porém alguns *laptops* estavam com problemas para executá-los ou pelo menos para executar o vídeo no *Tracker*.

Ao final, devido aos problemas relatados, foi avisado que retomariamos na próxima aula a atividade dos vídeos gravados no Canal para utilizarmos no *Tracker*. As tarefas mesmo para os alunos que estavam sem problemas necessitaram de muito apoio do Professor, o que fez a aula não desenvolver até o ponto esperado.

Relatório – 4^a Aula

Esta aula teve a participação de 20 alunos, no laboratório de Matemática no CMPA, iniciando e terminando de acordo com o planejado. Os objetivos principais foram atingidos, principalmente, com relação à coleta de dados através do *software Tracker* e, ao final dela, foi realizada uma exposição dialogada a respeito das Leis de Newton.

A aula começou com a prática do *software Tracker*, utilizando para isso as gravações de vídeos no Canal do curso. O vídeo escolhido foi aquele em que o professor da oficina

participou acertando o cesto com a bola de basquete, mesmo eles tendo sido incentivados a escolherem vários outros. Pareceu que os alunos sentiram mais disposição de descrever o lance livre do que os lançamentos das bolas realizados da posição mostrada na Fig. 5. Aspectos como incluir o vídeo no programa, definir o intervalo de gravação do movimento, utilizar as ferramentas do software para medir posição e definir o referencial foram bastante trabalhados e precisaram de certo acompanhamento por parte do Professor. Em destaque a seguir, na figura 11, o mencionado vídeo já carregado no *software Tracker*.

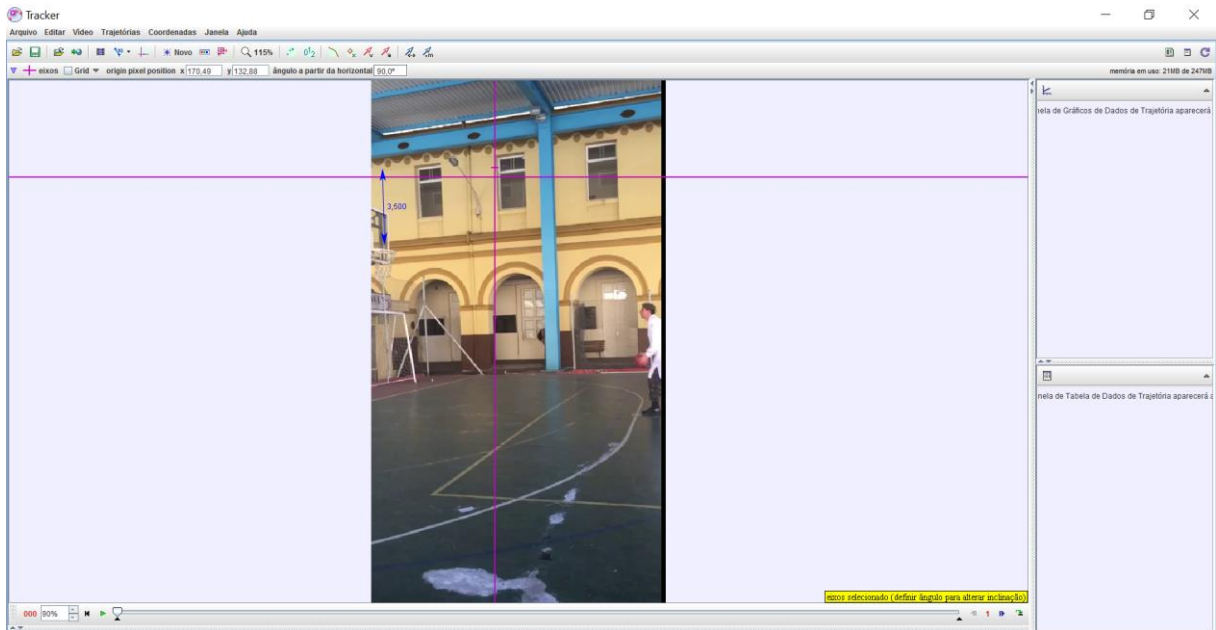


Fig. 11: Imagem de um arquivo no *software Tracker* com o vídeo do lance livre com alguns recursos a serem ajustados. Fonte: o autor.

Também foi realizado, após a atividade do *software Tracker* de coleta das posições da bola no lançamento da bola de basquete da Fig. 10, o confronto entre aquilo que esperaríamos considerando o movimento da bola como uma combinação de dois outros movimentos, na direção vertical, com aceleração constante e não nula, e na direção horizontal, com aceleração nula, mas velocidade não nula. Essa atividade pode ser visualizada na figura 12.

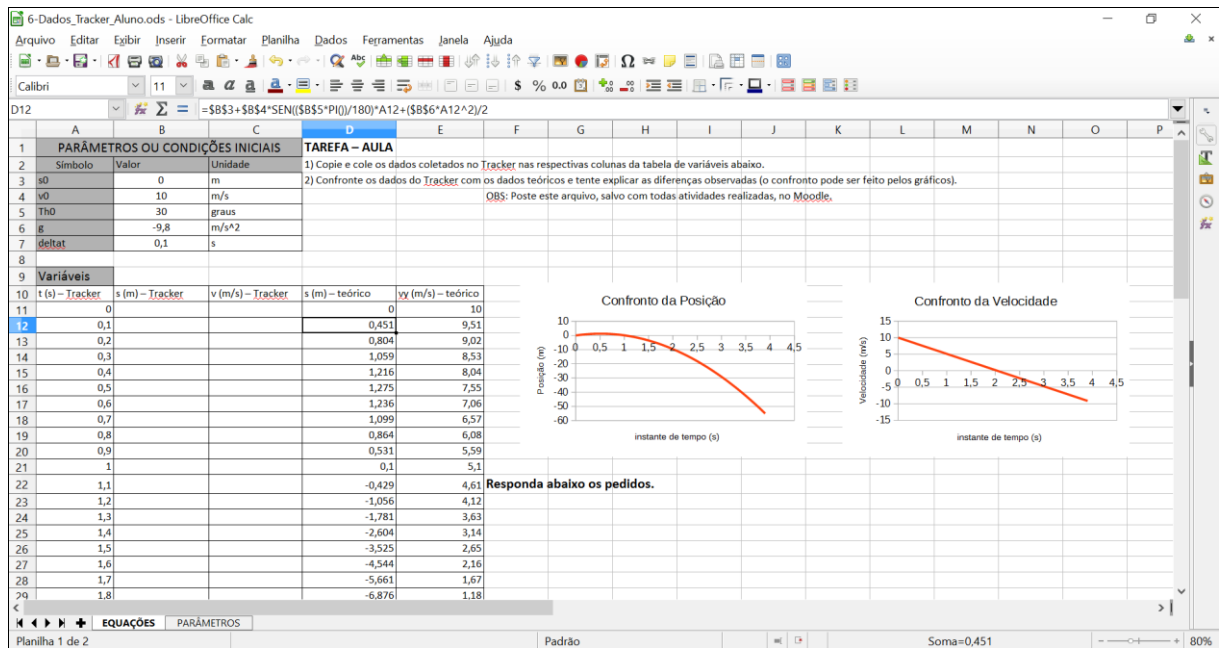


Fig. 12: Imagem do arquivo que consta a tarefa 6. Fonte: o autor.

Na última parte da aula, houve uma exposição sobre o conceito de força, força resultante, inércia, ação e reação, além de conceitos subjacentes a esse estudo naquilo que se referem à modelagem tais como: referente, teoria geral, modelo conceitual e modelo teórico. A intenção de incluir esses conceitos foi facilitar a compreensão do aluno daquilo que se estuda em Física (teoria geral e modelos teóricos), com a utilização do software *Tracker*, trazendo os dados experimentais para mais próximos desse estudo. Para casa, restou a tarefa 7 para que o aluno deixasse seu entendimento a respeito do estudo do movimento em uma perspectiva bungeana, conforme mostra a figura 13.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	AULA 4 – HOMEWORK								
2		O QUE É? (COM SUAS PALAVRAS)	EXEMPLO - DESCREVA-O	EXEMPLO IMAGEM - SFC					
3	TEORIA GERAL								
4	MODELO CONCEITUAL								
5	MODELO TEÓRICO								
6	REALIDADE								

Fig. 13: Imagem do arquivo que consta a tarefa 7. Fonte: o autor.

Ao fim da aula, houve uma exposição para estimular uma nova compreensão do aluno a respeito de modelagem e a ligação necessária a ser feita com a Física do movimento. Percebeu-se que alguns alunos ainda insistiam com concepções alternativas sobre as forças exercidas em corpos quando foram questionados sobre qual seria a reação da força peso exercida em um corpo (ação) e, assim sendo, foi explicado com contraexemplos e pela própria 3ª lei de Newton ao chamar a atenção deles de que os pares ação-reação de forças são aplicados em corpos diferentes, mas surgem da mesma interação. Os alunos aceitaram a explicação, mas pareceram não ter alcançado um convencimento.

Relatório – 5ª Aula

Esta aula iniciou com a presença de 18 alunos, sendo desenvolvida no laboratório de Matemática e, na segunda metade da aula, na entrada do CMPA ao ar livre. As atividades da aula buscavam que o aluno percebesse a modelização realizada ao descrevermos os movimentos com as equações horária do MRU ou MRUV e mesmo com os referentes considerados nessa modelização (apenas a Terra com a força gravitacional) houve pela coleta de dados do *Tracker* uma excelente aproximação entre os dados e a curva resultante do modelo teórico (na vertical: $y = y_0 + v_{0y} \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$ e, na horizontal, $x = x_0 + v_{0x} \cdot t$). Foram reforçadas algumas noções importantes sobre modelo conceitual e modelo teórico, para que também a utilização do *software Modellus* fosse introduzida nesta aula.

O *software Tracker* ainda foi abordado, pois se destacou um movimento captado por um dos alunos em seu *smartphone*, do qual se coletou dados através do programa e houve por todos o confronto entre o teoricamente esperado e o medido. O que havia sido dito em outra aula é que a descrição do modelo teórico sem considerar o ar não seria muito boa, mas, quebrando essa expectativa, ele descreveu com excelente aproximação, apesar de considerar a bola de basquete como uma partícula.

Para haver a inclusão de atividades com o *software Modellus*, houve uma revisão de combinação de vetores (forças, acelerações, velocidade e deslocamentos), além de uma nova retomada da noção de força como resultado de uma interação do sistema considerado com alguns referentes. Ainda antes de começarmos a trabalhar com o *Modellus*, destinamos um tempo para ser apresentado a turma, pelo menos de forma mais qualitativa, o significado para o operador derivada, fazendo relação com a reta tangente nos gráficos já estudados, símbolos e notações características desse *software* ($\frac{d}{dt}$, passo e etc).

Uma atividade de construção de modelagem que reproduzisse um movimento de animação equivalente ao do lance livre tão discutido nas aulas anteriores foi realizada como um primeiro trabalho no *Modellus*. O primeiro modelo matemático construído foi o mesmo utilizado nas atividades do *software Calc e do Tracker* (apenas com variáveis e parâmetros⁷ de cinemática). Esse modelo foi adotado com a condução do professor, definindo todos parâmetros e como pode observar na figura 14, sem nenhuma condição inicial.

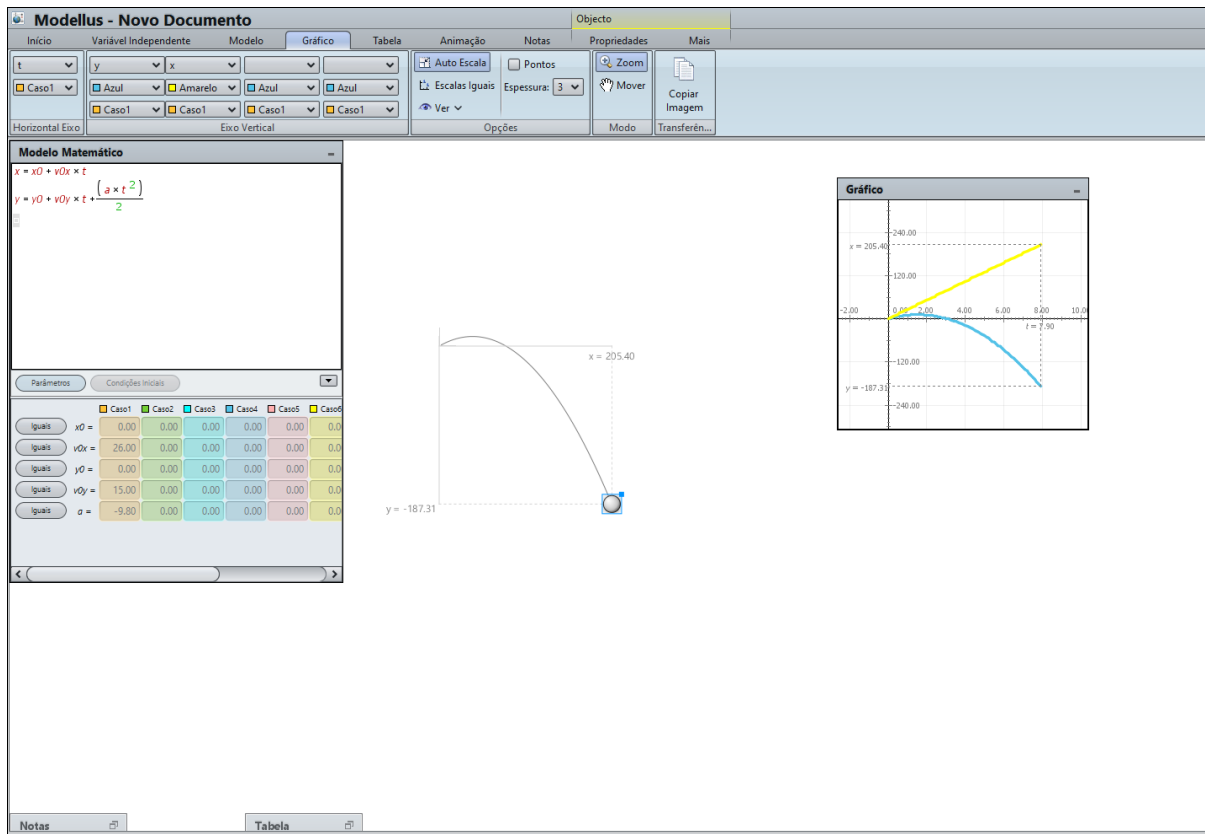


Fig. 14: A imagem mostra a modelagem construída na 5ª aula de um movimento aproximado daquele realizado no cesto de basquete e o gráfico correspondente das variáveis x e y em relação ao tempo. Fonte: o autor.

Na última parte da aula, foi possível realizar uma demonstração de bolas lançadas do ponto mais alto do CMPA (sacada do Salão Nobre). Nesta atividade os alunos além de assistirem os lançamentos das bolas, filmavam com seus *smartphones* esses movimentos. Os lançamentos foram realizados com bolas de basquete e vôlei, alternando movimentos com e sem rotação delas, na tentativa de captar nas gravações uma influência significativa do ar e da rotação dos corpos imersos nesse fluido. A seguir a figura 15 mostra um dos lançamentos das bolas realizado do ponto mais alto do CMPA.

⁷ Todos os parâmetros foram extraídos do livro Física para cientistas e engenheiros (TIPLER; MOSCA, 2013) e do artigo Aerodinâmica da bola de futebol (AGUIAR; RUBINI, 2004).



Fig. 15: Imagem que mostra o lançamento de uma bola do ponto mais alto do CMPA. Fonte: o autor.

Por fim, retornamos ao laboratório, para finalizarmos a aula, onde se retomou o objetivo da prática externa e as ideias centrais para utilizarmos os *softwares Tracker* e *Modellus*.

Relatório – 6ª Aula

Esta aula contou com a presença de 19 alunos, em hora e local previstos. As atividades previstas eram um trabalho mais apurado com *software Modellus*, além de retomar o trabalho anterior com esse programa. Cabe ressaltar que com o *Modellus* se tornou possível

modelizarmos um movimento como o assistido na aula anterior, para haver uma contextualização efetiva de situações reais em que a influência do referente ar é significativa.

Houve, dessa forma, a tentativa de os alunos perceberem o potencial de uma modelagem computacional realizada no *Modellus*, porque dele nós conseguimos resultados que já conhecíamos pelos gráficos no *Calc* e pelo *Tracker*, mas também podemos incluir outras influências até o momento não consideradas (nem em todo o ensino médio), como por exemplo a do ar e a da rotação dos corpos imersos nele. Ressaltamos ainda, de acordo com o recém destacado, que não ocorreu a necessidade de os alunos fazerem cálculos avançados, pois o programa já os faz, quando apenas o instruímos a respeito das forças exercidas sobre o sistema físico nas três dimensões.

A primeira tarefa dada aos alunos foi a de implementar o mesmo modelo matemático da aula anterior, porém desta vez utilizando a noção de diagrama de forças, considerando o referente real, além da própria bola, como sendo o planeta Terra. Na aula anterior utilizamos o modelo teórico que conhecemos para forças que agem na horizontal e vertical com os mesmos referentes, mas sem necessitar que o programa calcule a solução, pois já informávamos ao *software* como a posição do corpo variava na medida em que o tempo transcorria. A turma percebeu através dos gráficos do *Modellus* a respeito do movimento da animação que se tratava da mesma descrição anterior, então pudemos apresentar uma forma de termos repostas sobre o movimento mesmo quando consideramos outras influências com a ajuda do nosso programa. Segue a figura 16, a qual mostra essa modelagem realizada pelos alunos.

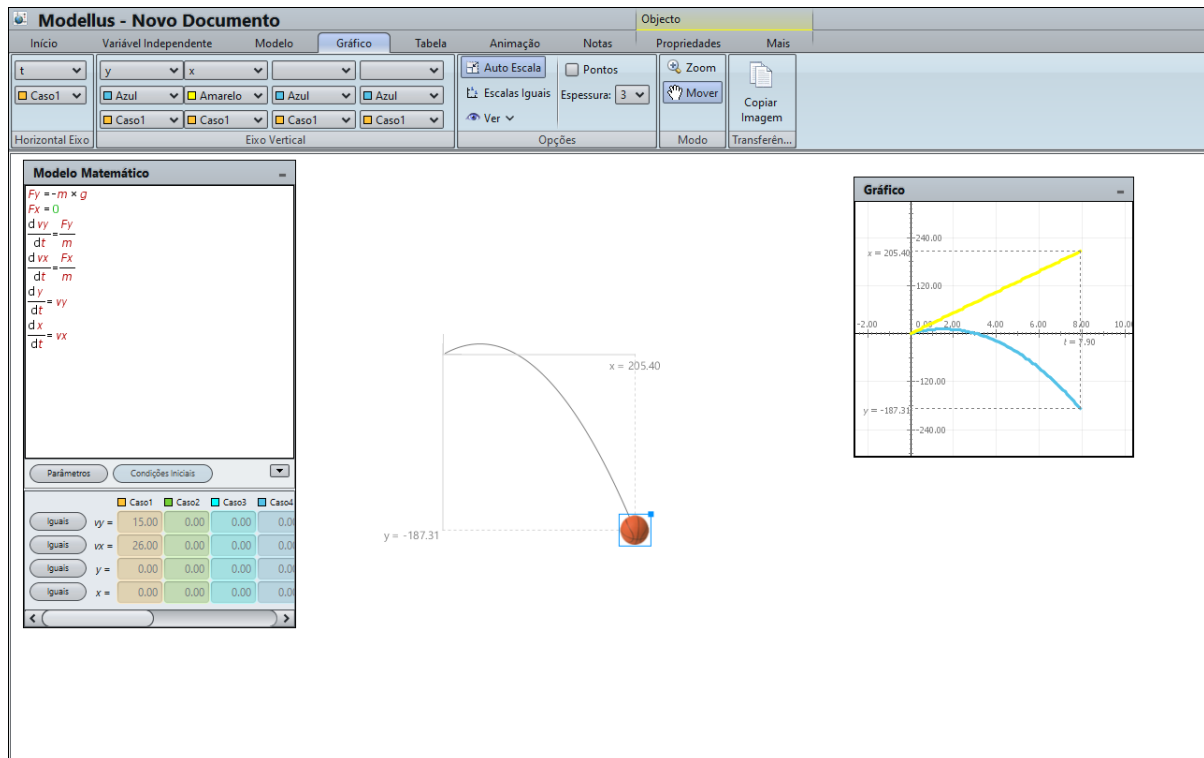


Fig. 16: Imagem da modelagem que considera variáveis dinâmicas no modelo matemático do *software Modellus*. Fonte: o autor.

As gravações dos lançamentos da sacada do Salão Nobre do CMPA foram retomadas justamente para percebermos uma influência real do ar assistidas pelos alunos, trazendo para aula o *Tracker* novamente. Contudo fazia-se necessário definir matematicamente as forças de resistência do ar e a força de Magnus. Dessa forma, apresentamos a definição dessas forças, tendo como base de apoio disciplinar o trabalho de Aguiar e Rubini (2004), e deixamos à disposição dos alunos um arquivo do *Modellus*, com a modelagem do movimento de um corpo que considera os efeitos da resistência (ou arrasto) do ar, da consequente crise do arrasto e da própria rotação em torno de um eixo desse corpo.

Ao final da aula, deixamos um desafio para reflexão a respeito do alcance de um objeto lançado obliquamente em relação à horizontal, pois existe uma concepção de que, a uma mesma velocidade inicial, o maior alcance é atingido quando se lança o corpo a um ângulo de 45° .

Relatório – 7ª Aula

Na última aula compareceram dezoito alunos, apesar de se esperar a presença de pelo menos vinte, já que faríamos, como informado antecipadamente, os questionários finais. Foram retomadas todas as atividades de uma forma geral, pois elas representariam metade da

nota da oficina e também consolidariam o que foi trabalhado durante a aplicação do projeto. O planejamento dessa aula conteve um exercício com os alunos sobre a relação existente entre o alcance e o ângulo de lançamento de um projétil em relação à horizontal, além de ao final podermos realizar os questionários já mencionados (pós-testes).

Solicitamos aos alunos que verificassem no *MOODLE* as atividades pendentes, considerando que já as havia corrigido, inclusive, com a emissão de notas. Para algumas delas, houve a necessidade de um apoio do professor e outras nas quais a tarefa solicitava a postagem de arquivos do *Tracker* ou do *Modellus*. Verificamos problemas na leitura desses arquivos, pois a plataforma corrompia esses documentos, assim sendo as desconsideramos. Dessa forma, finalizamos a oficina com dez atividades contabilizadas para a avaliação, além da própria presença nas aulas.

Em ato contínuo, como já antecipado na aula anterior, foi feito o desafio de verificarmos a relação que o alcance tem com o ângulo de lançamento do projétil com a horizontal. Deixei os alunos de posse de uma tabela de valores de velocidades na direção horizontal e vertical correspondentes a uma velocidade inicial de 50 m/s, obviamente, de acordo com a diminuição das componentes horizontal aumentavam as verticais e, por consequência, os ângulos de lançamentos variavam, estando eles também registrados nessa tabela. Por isso boa parte da aula foi destinada a encontrarmos o maior alcance, considerando três casos previamente modelizados no *Modellus*:

- caso 1 sem o referente ar e componentes de rotação do corpo;
- caso 2 apenas com o referente ar, mas sem componentes de rotação; e
- caso 3 considerando o referente ar e a rotação do corpo em torno de um eixo.

A tarefa se completava ao registrarmos na tabela os dados de alcance, correspondentes as componentes de velocidade horizontal e vertical para cada caso. Um aspecto importante que percebi é que os alunos mesmo depois de confirmado pela modelagem desconfiavam muito de o alcance ser maior para ângulos diferentes de 45° (caso 3 para ângulos abaixo de 25°). Na figura 17, há o destaque da modelagem configurada para o caso 3.

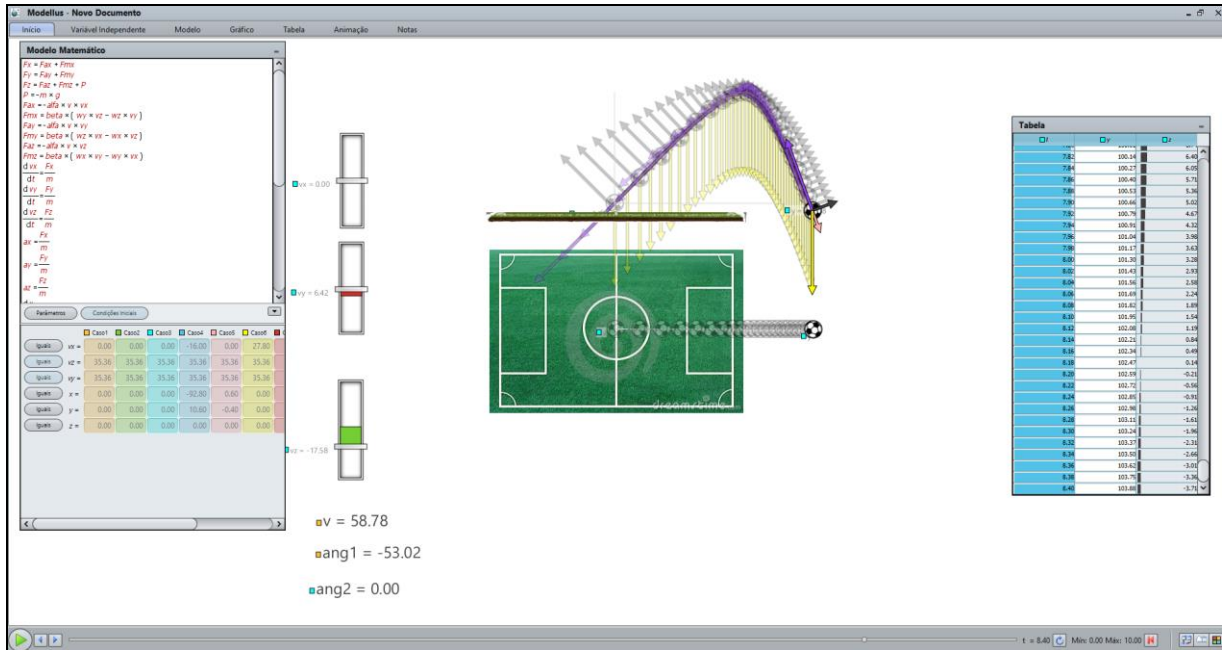


Fig. 17: Imagem da modelagem para o caso 3 (com rotação e o ar como novos referentes). Fonte: o autor.

A aula foi finalizada com os meus agradecimentos pela presença e dedicação dos alunos nas atividades do projeto, logo após a realização dos questionários de força e movimento e em seguida o de atitude. No primeiro questionário os alunos o identificaram (a pedido deles) e já o segundo foi feito de forma anônima.

6. DISCUSSÕES E RESULTADOS

O enfoque deste trabalho se concentra na aprendizagem de Mecânica que tradicionalmente é introduzida no início dos estudos em Física, porém os alunos participantes da aplicação da proposta estão finalizando o ensino básico. Assim sendo, a ênfase original do projeto foi adaptada para o público do 3º ano, retomando os conceitos lá do 1º ano do ensino médio, embora tenha sido mantida com o uso de TICs, nos métodos de ensino e com viés bungeano, principalmente, no que se refere à modelização e modelagens computacionais.

Com a finalidade de detectarmos uma parte do conhecimento prévio do grupo de alunos voluntários a participar da aplicação de nossa proposta, foi realizado um questionário sobre força e movimento, conforme orientações já bem tratadas na literatura por Silveira *et al* (1986). Essa avaliação é preponderantemente conceitual e abrange os pontos centrais a respeito de força e movimento. Silveira *et al* (1986) recomendam esse questionário para detecção de concepções alternativas sobre força e movimento em grupo, mesmo reconhecendo que ele não é um bom instrumento para uma medida desse conhecimento em caráter individual e, inclusive, admitindo haver outra forma de avaliação mais eficiente para tal intento (a entrevista clínica), contudo nada prática.

O mesmo questionário também foi aplicado ao final do projeto, na expectativa de termos atingido uma influência sobre esse aluno que participou totalmente da proposta. Os resultados do questionário sobre força e movimento aplicados antes e depois da realização da proposta serão discutidos mais adiante.

Também como já apresentado no capítulo 5, ocorreram várias atividades que resultavam em um produto a ser inclusive utilizado para discussões ou desenvolvimento de outras tarefas. Esses produtos, os quais na sua maioria eram arquivos gerados pelo *software Calc, Tracker* ou *Modellus*, foram avaliados e registram um desenvolvimento dentro de uma perspectiva bungeana na percepção dos modelos conceituais e teóricos em vários movimentos reais filmados durante a aplicação de nossa proposta.

Subjacente à parte disciplinar e epistemológica da proposta está o objetivo mais geral de todo o trabalho, pois buscamos, durante os encontros da aplicação, que o aluno atingisse com a nossa abordagem uma aprendizagem significativa. O que justifica uma avaliação antecipada sobre alguns conceitos abordados em toda a proposta. Em complemento a essa ideia também buscamos um indício da condição necessária, de acordo com o ponto de vista ausubeliano, para o aluno aprender significativamente, ou seja, para aprendizagem

significativa ocorrer o aluno precisa estar predisposto a isso, sendo assim, foi aplicado em regime de pré-teste e pós-teste também o questionário de atitude proposto por Talim (2004).

6.1 Avaliação inicial

A respeito do questionário sobre força e movimento (ver anexo A), os 27 participantes da proposta, na tabela 1, indicaram a frequência de suas respostas em cada questão com a informação adicional na última linha sobre a razão entre o número de respostas newtonianas (célula preenchida em cinza) e o total de respondentes.

Tabela 1 – Frequências das respostas dos 27 respondentes do questionário sobre força e movimento nas suas 15 questões, com destaque em cinza às respectivas alternativas newtonianas (pré-teste).

Alternativa	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15
A	1	0	19	1	13	2	12	14	8	1	6	18	9	15	0
B	1	4	6	14	2	1	13	2	13	6	17	4	2	5	4
C	13	0	2	11	2	7	2	10	6	16	3	4	7	2	2
D	12	7	0	0	8	4	0	0	0	0	0	0	9	5	8
E	0	16	0	0	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Razão Newton/Total	0,48	0,26	0,7	0,42	0,04	0,04	0,44	0,08	0,22	0,26	0,23	0,15	0,33	0,56	0,48

Fonte: o autor.

Na tabela 1, onde são destacadas as respostas de acordo com a concepção newtoniana, pode-se perceber apenas duas questões em que os alunos estão concordando com Newton, na sua maioria. Contudo, se analisarmos isoladamente a questão 3, não é atenuado o grande desvio das leis de Newton, pois não fica claro, se os respondentes se alinharam a resposta newtoniana por entenderem que apenas uma força é sempre exercida para baixo sobre a bola (nas questões 1, 2, 3, 13, 14 e 15) ou porque simplesmente a força que age sobre a bola sempre aponta para onde ela se movimentar (concepção aristotélica).

Realmente a concepção principal que subjaz as outras possíveis de serem detectadas, quando analisamos as respostas mais escolhidas entre aqueles que apresentam uma concepção diferente da newtoniana, ao iniciarmos a aplicação da proposta, é a de que força está intimamente ligada à velocidade, argumento pelo qual, inclusive, possibilita-lhes definir o sentido da resultante das forças, como podemos concluir analisando principalmente as respostas das questões 1, 2, 3, 13, 14 e 15.

Outra concepção detectada é a noção deles a respeito do equilíbrio (pelo menos o de forças) cuja ideia central está ligada a velocidade do corpo ser nula, claro que esse “fundamento” é coerente com a força ser diretamente proporcional à velocidade. Porém, acrescentando-se a isso, o respondente parece não considerar o movimento com velocidade

constante como uma possibilidade de haver o equilíbrio de forças e ainda mais distante está o entendimento de que em um instante o corpo pode em relação a determinado referencial estar com velocidade nula e com aceleração não nula. Fica mais nítida essa compreensão do equilíbrio de forças nas respostas mais frequentes dadas para as questões 2, 9 e 12, as quais estão entre as de menor frequência relativa à resposta newtoniana.

Nas respostas das questões 5 e 6, pode ser percebido uma confusão a respeito de como se origina uma força, pois a maioria dos respondentes não leva em consideração uma necessária e real interação entre corpos para podermos atribuir uma correspondente ação (força) no sistema físico de interesse. Além disso, temos a oportunidade de não esquecermos a correspondente reação exercida no outro participante da interação identificada, de acordo com a 3ª lei de Newton.

Para finalizar a análise do pré-teste de concepções, ainda fica latente a falta de apropriação dos conceitos de aceleração e força resultante nas respostas das questões 4, 7, 8, 10 e 11. Aliás, a aceleração parece ser uma grandeza sem uma finalidade clara para os respondentes na descrição do movimento. Já a força resultante, informada nos enunciados, não é vista como a causadora da alteração da velocidade, como se esperaria ao seguirmos fielmente a 1ª e 2ª leis de Newton.

Em sequência os participantes da proposta também deixaram informações a respeito da atitude em relação às aulas de Física. O instrumento consiste em um opiniário em escala tipo Likert com 28 itens-enunciado divididos igualmente em enunciados que expressam atitude favorável e desfavorável (ver anexo B). Há uma atribuição de pontos de acordo com a indicação do respondente:

[...] Essa escala é pontuada de forma que, para as afirmativas positivas, o valor seja: 1 para a opção discordo fortemente (DF), 2 para discordo (D), 3 para sem opinião (SO), 4 para concordo (C) e 5 para concordo fortemente (CF). As negativas recebem a pontuação de maneira oposta: 5 para DF, 4 para D, 3 para SO, 2 para C e 1 para CF. Dessa maneira, um alto valor para cada afirmativa (4 ou 5) está sempre relacionado com uma atitude favorável ou positiva em relação ao objeto atitudinal. (TALIM, 2010, p. 316)

A análise desse tipo de instrumento precisa ser um pouco cuidadosa, como recomenda Talim (2010), pois a soma de pontos obtidos, para um certo respondente, conforme cada resposta assinalada nos enunciados, poderá estar entre 28 e 140, por isso 84 pontos para mais (pontuação igual ou acima da média dos valores extremos possíveis no instrumento) indicam uma atitude favorável às aulas de Física. Ainda assim, na comparação do resultado de um grupo em determinado momento em relação ao resultado desse mesmo grupo em outro

momento, presume-se que esse teste nos mostre um indicativo importante a respeito da predisposição a aprender Física neste trabalho.

A tabela 2 indica a estatística descritiva básica, obtida em regime de pré-teste, para termos um indicativo inicial da atitude de nossos participantes da proposta. O resultado do questionário de atitude em relação às aulas de Física, o qual teve 27 respondentes, foi o seguinte.

Tabela 2 - Estatística descritiva básica do questionário de atitude em relação às aulas de Física (Pré-teste).

Nº de alunos	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
27	77,67	75	40	116	21,30

Fonte: o autor.

Há, como pode-se perceber, pelos os valores da tabela 2, uma expressão de atitude desfavorável às aulas de Física, quando consideramos como referência a pontuação média e a própria mediana, dado estatístico menos influenciado por pontuações muito baixas ou altas. O grupo dos 27 respondentes tem um perfil médio de alunos cursando o 3º ano do ensino médio, com notas baixas em Física e que tinham a intenção de participar da proposta com a finalidade de melhorar seu grau no corrente ano escolar. Essa observação a respeito do grupo é coerente com o indicativo de atitude do pré-teste.

6.2 As tarefas e atividades

A partir de agora, serão analisadas algumas tarefas realizadas pelos participantes da proposta e que puderam ser registradas no *MOODLE*.

As primeiras tarefas basicamente envolviam gráficos criados a partir de dados fornecidos pelo professor. Assim a primeira tarefa postada pela aluna F17, na figura 18, traz um exemplo do que os alunos fizeram.

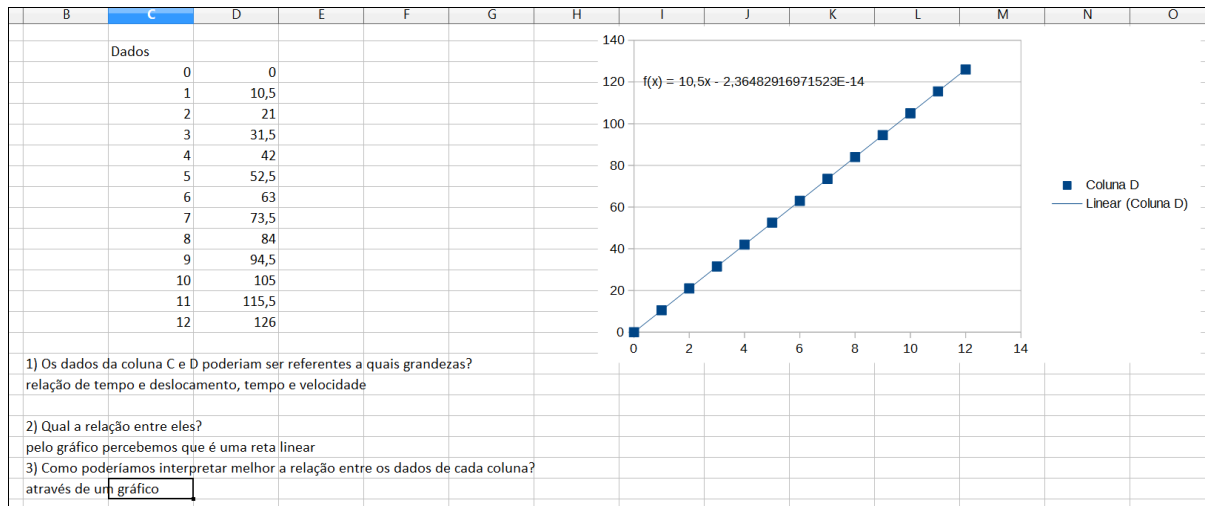


Fig. 18: Imagem que mostra o arquivo postado da aluna F17 referente a tarefa 1. Fonte: o autor.

A ideia central desta tarefa era fazer o aprendiz perceber que o gráfico relaciona dois tipos de dados, mas essa relação não faz sentido se não soubermos a natureza deles. Pela linha de tendência e sua equação, recursos facilmente fornecidos pelo *software Calc*, para o aluno não era difícil observar uma relação diretamente proporcional entre as colunas de dados.

Em um momento, os alunos foram questionados sobre a natureza dos dados, se eram medidas, de quê? Na tarefa seguinte, tínhamos que considerar a grandeza que poderia estar sendo medida e, é claro, sua unidade.

A tarefa 2, realizada pelo aluno F15, já houve a devida consideração da natureza dos dados fornecidos, porém, ainda com a margem deixada pelo professor, para os alunos estarem livres a elencar as mais convenientes, de acordo com as suas concepções, a única restrição feita foi a de considerarem grandezas ligadas ao movimento. A seguir o aluno F15, na figura 19, registra isso no seu gráfico feito a partir dos dados fornecidos, escolhendo relacionar a aceleração e tempo, e, ainda, discriminando o movimento como sendo de um avião.

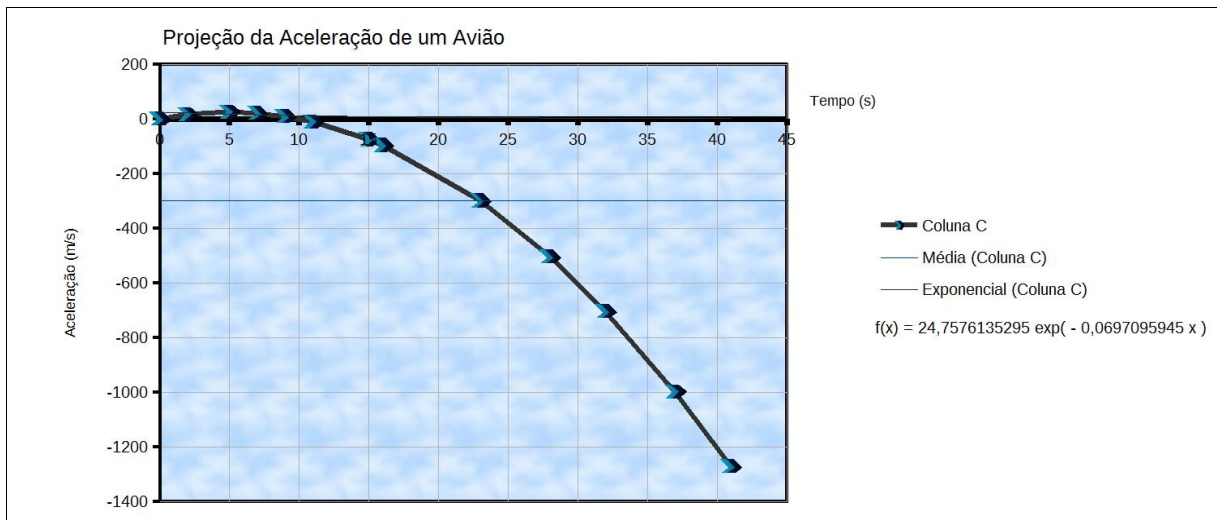


Fig. 19: Imagem que mostra o arquivo postado do aluno F15 referente a tarefa 2. Fonte: o autor.

Com seu trabalho o aluno F15 possibilitou o início da discussão sobre dados e teoria, pois se os dados são de aceleração em um dos eixos, qual teoria nos dá base para explicarmos essa relação, segundo o aluno F15, exponencial entre aceleração e tempo? Destacou-se muito esse questionamento nas aulas seguintes, para que justamente os alunos compreendessem um pouco mais sobre Ciência e, por consequência, sobre Física, desvalorizando um pouco os dados, já que na aula se deixou a oportunidade de eles entenderem que sem uma teoria, pelo menos no momento de analisar os dados, não faz sentido buscarmos sua obtenção.

Na tarefa 4, foi trazido para o *Calc* as funções que conhecemos e também foi possível percebê-las nas tarefas anteriores, se relacionássemos posição e velocidade contra o tempo. Assim essa tarefa procurou, a partir das “fórmulas”, do movimento retilíneo uniformemente variável, fazer o aluno obter dados para, quando relacionados em um gráfico, a correta interpretação da descrição do movimento. A figura 20 apresenta as tabelas de dados e os gráficos da aluna F7 em sua tarefa postada no *MOODLE*.

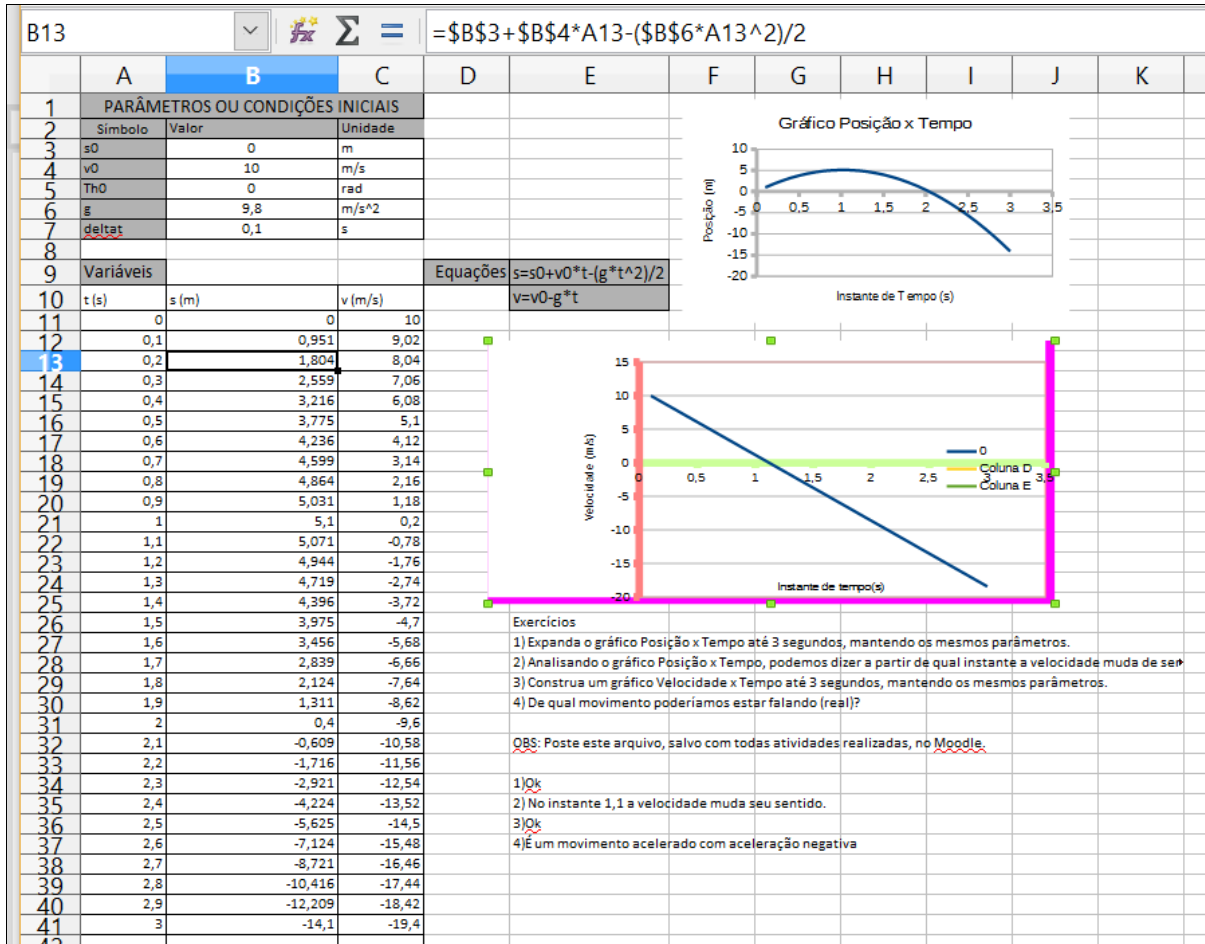


Fig. 20: Imagem que mostra o arquivo postado da aluna F7 referente a tarefa 4. Fonte: o autor.

A referida aluna nessa tarefa pôde interpretar a descrição do movimento tanto pelas equações quanto pelos gráficos, apesar de não ter dado a resposta esperada para quarta questão da tarefa. Há um destaque na questão 4 para exemplificar a descrição do movimento constante nos gráficos, levando em conta um movimento real, os alunos não entenderam dessa forma e esse fato foi explorado na aula seguinte.

Nas atividades seguintes, foi explorado o vídeo deste professor acertando um lance livre, por escolha dos alunos. Os dados de posição e velocidade foram obtidos através de uma vídeo-análise no *software Tracker* e a partir deles se desenvolveram várias atividades com os valores previstos determinados pelos modelos teóricos que conhecemos sobre um lançamento oblíquo sem considerar a resistência do ar. Cabe ressaltar, como podemos perceber na imagem abaixo de uma vídeo-análise explorada no quarto encontro, que essa modelização tão famosa nas aulas tradicionais em aulas de cinemática do ensino médio parece ser muito eficiente em uma situação como a do movimento capturado.

Tradicionalmente, mesmo quando um professor destaca a idealização específica de não considerar a resistência do ar, passamos por um lado a ideia de que representamos a

realidade, mas também, até pela primeira modelização, estamos longe dela ao fazermos esse desprezo da influência do ar. Pelas trajetórias, na figura 21, nota-se uma aproximação muito grande entre a determinada pelos dados coletados na vídeo-análise e a teórica definida pela concepção de que o movimento da bola de basquete no lance livre é fruto da combinação de dois movimentos: um na horizontal com velocidade constante e outro na vertical com aceleração constante apontando para baixo, devido a ação da força gravitacional.

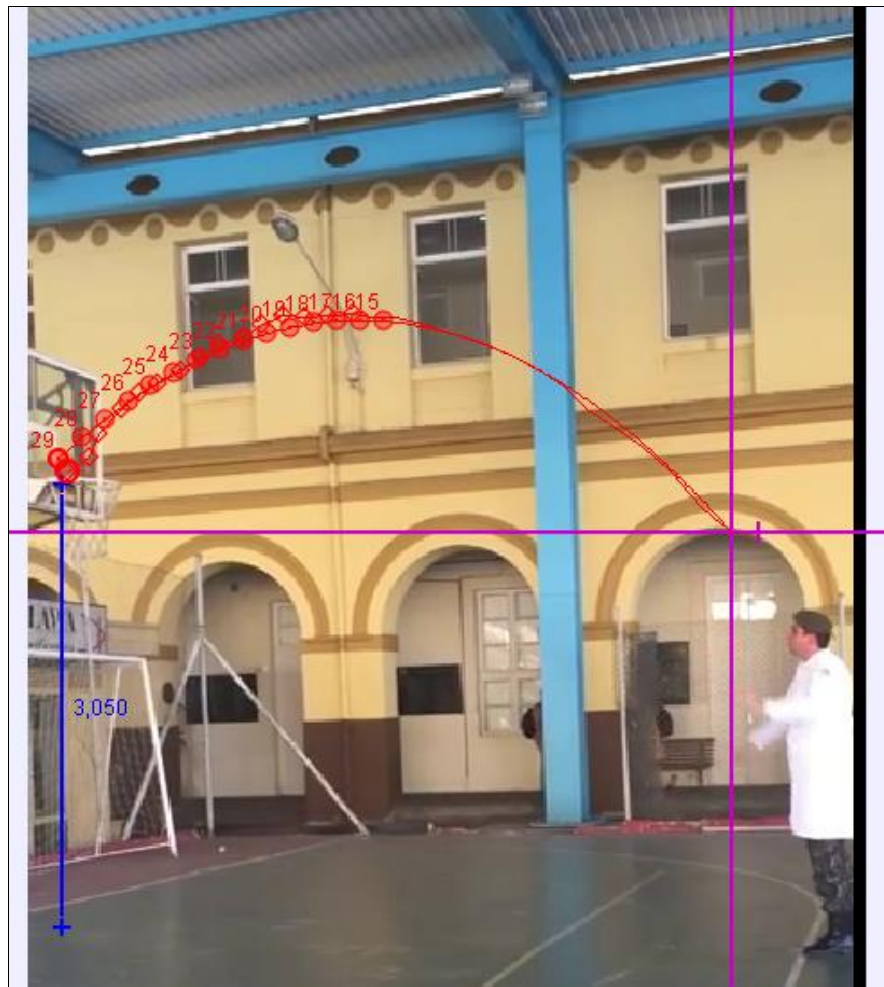


Fig. 21: Imagem da vídeo-análise resultante do confronto entre os dados coletados e a trajetória teórica. Fonte: o autor.

O *Tracker* permite também uma análise gráfica dos dados coletados, como também possibilita configurar um movimento modelizado, sendo necessário informar as condições iniciais e alguns parâmetros do movimento. A imagem da tela, onde foi configurado a modelização teórica, está na figura 22.

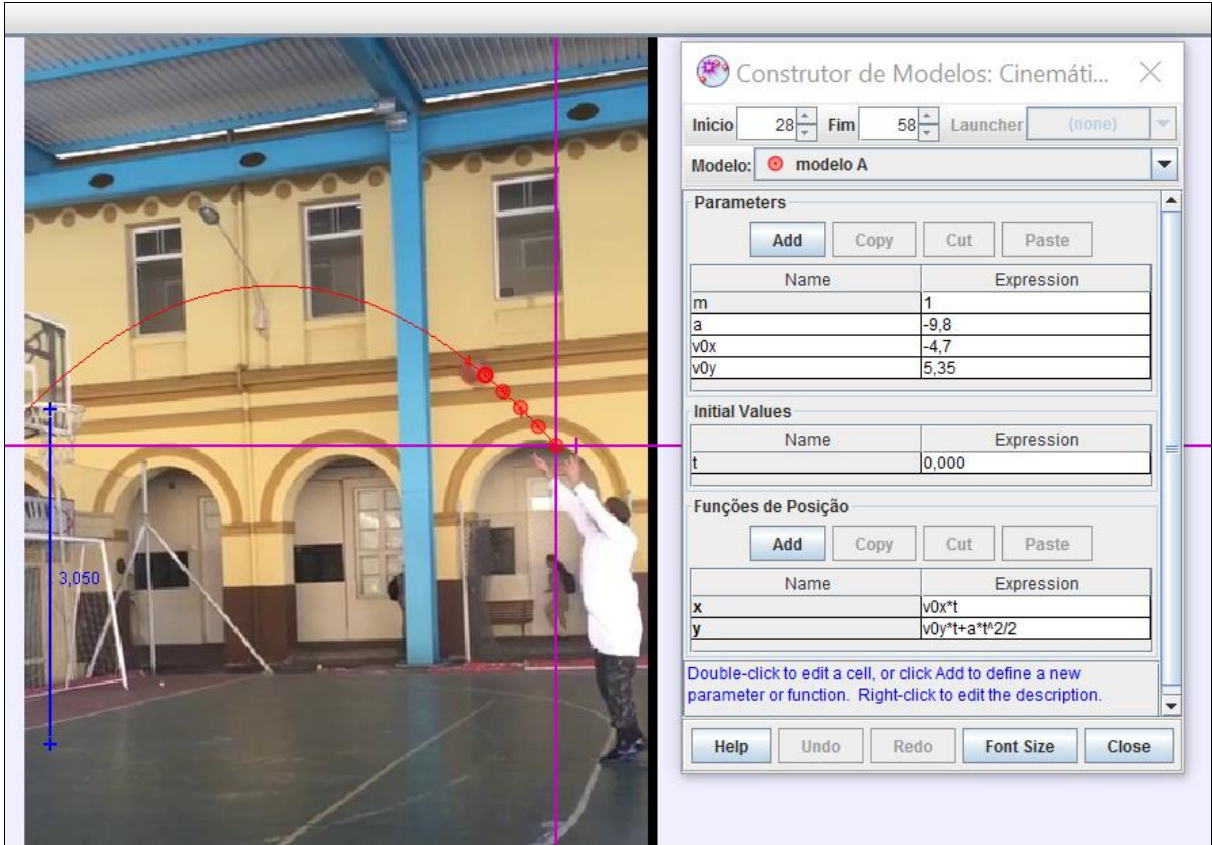


Fig. 22: Imagem que mostra a trajetória teórica de acordo com o modelo utilizado no construtor de modelos do *Tracker*. Fonte: o autor.

Na quinta tarefa, após uma aula que enfatizou a teoria geral que adotamos e que está subjacente a todas discussões até o momento em que essa tarefa foi solicitada, ou seja, a mecânica de Newton, foi pedido o entendimento a respeito dos conceitos principais do nosso objeto de estudo e dentro de nossa concepção epistemológica de ciência. Como exemplo, apresentamos uma imagem da tarefa postada pelo aluno M11 na figura 23.

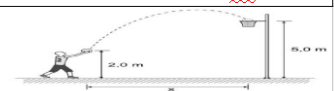
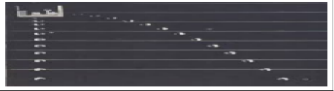

Tarefa 5 – HOMEWORK			
	O QUE É? (COM SUAS PALAVRAS)	EXEMPLO – DESCREVA-O	EXEMPLO IMAGEM - SFC
TEORIA GERAL	a mecânica de newton.	UMA BOLA DE BASQUETE SENDO ARREMEÇADA EM DIREÇÃO A CESTA.	
MODELO CONCEITUAL	ALGO QUE É IDEALIZADO, ONDE FORÇAS DISSIPATIVAS SÃO CONSIDERADAS, OU NÃO. CHAMADOS DE REFERENTES, COMO O AR, MUITO DESPREZADO NOS PROBLEMAS.	UM PROJÉTIL CAINDO EM QUEDA LIVRE SEM CONSIDERAR A RESISTÊNCIA DO AR.	
MODELO TEÓRICO	FORMALIZAÇÃO MATEMÁTICA	MRUV $S = S_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$	$x = x_0 + v_0t + a \frac{t^2}{2}$
REALIDADE	MUITO PROXIMA DO MODELO TEÓRICO, É O QUE REALMENTE ACONTECE NO NOSSO COTIDIANO.	QUANDO LANÇAMOS UMA BOLA E NÃO CONSIDERAMOS A RESISTÊNCIA DO AR POR QUE É INSIGNIFICATIVA.	

Fig. 23: Imagem da tarefa 5 postada após preenchimento do aluno M11. Fonte: o autor.

Parece que as ideias básicas foram aprendidas, pelo que se nota no preenchimento da tabela realizado pelo aluno M11. Entretanto alguns aspectos sobre o que é um modelo conceitual não estão muito claros, por isso esse e outros aspectos foram em encontros seguintes alvos de uma recapitulação. O referido aluno também demonstra não ter muita criatividade, pois nos exemplos ainda estamos com bolas de basquetes sendo lançadas, o que aliás é percebido em quase todos participantes. Eles não se sentem à vontade de generalizar o raciocínio físico, trazendo novos exemplos, embora sejam incentivados para isso.

As atividades envolvendo o *software Modellus* chamaram muita a atenção dos alunos, devido possivelmente às animações, contudo traziam para eles uma forma mais detalhada de estudar Física e, por isso, a impressão inicial não foi muito boa, já que eles necessariamente erraram bastante até a conclusão da primeira atividade. Foram realizadas duas modelagens expressivas com o acompanhamento do professor. A primeira se constituiu basicamente de um modelo cinemático muito semelhante ao aplicado no *Tracker* em seu construtor de modelos. Na figura 24 temos a imagem do primeiro modelo matemático expressivo feito pelos alunos.

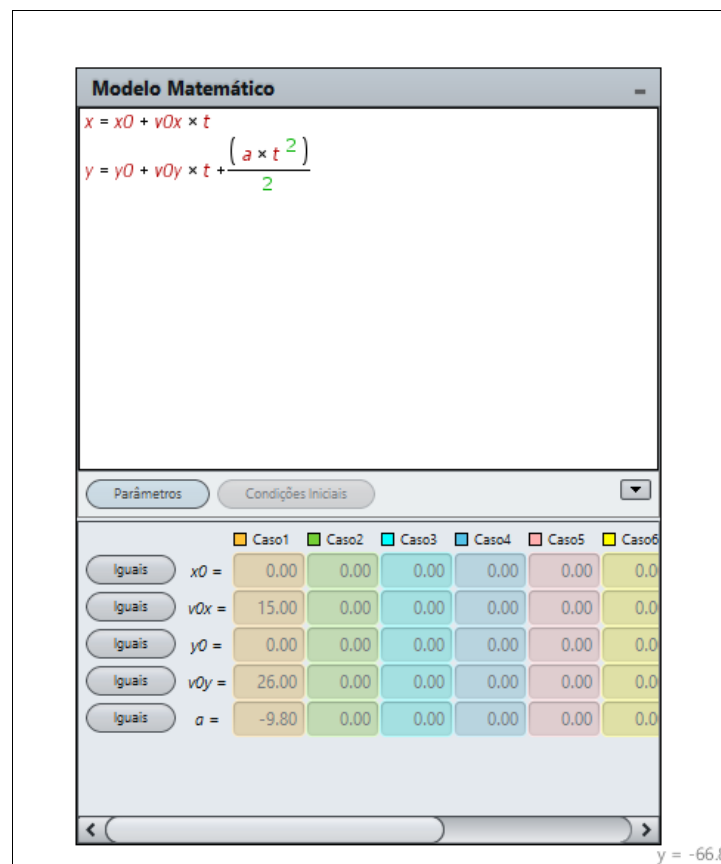


Fig. 24: Imagem da janela do modelo matemático expressado pelos alunos. Fonte: o autor.

É possível perceber que na Fig. 24 aparece apenas a janela do modelo matemático do *Modellus*, que não representa todo o trabalho de modelagem a ser feito, mas talvez o mais

importante, principalmente, quando se se refere à expressão do que o aluno compreende sobre o movimento. Outro aspecto a ser destacado na figura anterior, trata-se de haver para esse modelo apenas parâmetros a serem preenchidos pelo aluno. Em contrapartida não há possibilidade de se inserir condições iniciais. Isso gerou uma discussão que iniciamos, tratando essa forma de modelarmos um movimento como uma solução da equação que conhecemos como 2ª lei de Newton. É claro que isso pareceu muito distante para eles, pois a dinâmica que estuda as causas do movimento é abordada como se não fosse aplicada a movimentos tradicionalmente estudados em cinemática. Então começamos a fazer alguns diagramas de forças, para conhecermos a resultante das forças que que é aplicada em um corpo lançado como no caso de uma bola de basquete arremessada para o cesto. Definindo também essa força que age sobre a bola quando lançada, de acordo com 3ª lei de Newton e a lei da gravitação universal.

Também em várias aulas, fomos adaptando os alunos à noção matemática de velocidade e aceleração instantâneas, como sendo, em módulo, respectivamente:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}; e$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \text{ quando } \Delta t \text{ tende a zero (muito pequeno numa aproximação)}.$$

Na segunda modelagem expressiva, expliquei aos alunos como as variações de tempo muito pequenas e as respectivas variações de posição e de velocidade no *Modellus* são representadas. Assim sendo deveríamos utilizar a seguinte notação para os módulos da velocidade e aceleração instantâneas:

$$v = \frac{ds}{dt}; e$$

$$a = \frac{dv}{dt}.$$

O resultado de toda essa preparação foi uma nova modelagem da mesma natureza de lançamento, agora com uma expressão das causas do movimento, ou seja, com um modelo dinâmico do movimento, conforme se vê na figura 25.

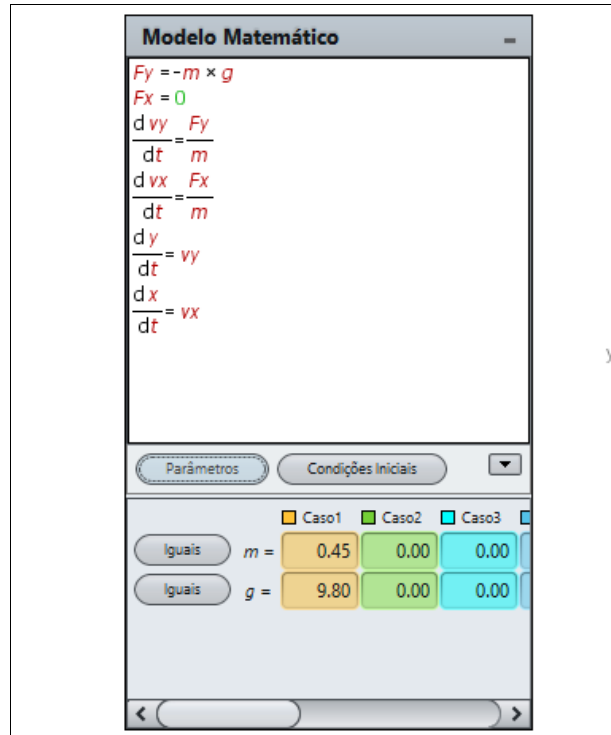


Fig. 25: Imagem do modelo matemático da modelagem que modeliza um lançamento oblíquo, considerando as forças exercidas no corpo. Fonte: o autor.

Como era de esperar, no modelo matemático mostrado pela Fig. 25, temos para cada um dos eixos x e y as equações das resultantes das forças. Percebemos que somente aqui os alunos se surpreenderam que na horizontal a resultante é nula e, na vertical, apenas uma força é exercida sobre o corpo: a gravitacional exercida pela Terra. Obviamente, que neste momento não consideramos a influência do ar, o que foi destacado como uma idealização já em fase anterior quando estávamos construindo o diagrama de forças e, conseqüentemente, definimos nosso modelo conceitual. Cabe acrescentar ainda, em contraste à modelagem anterior, que é possível inserirmos as condições iniciais como: posição horizontal e vertical, e velocidade horizontal e vertical; além dos parâmetros massa (sempre omitido em um modelo cinemático) e o módulo da aceleração gravitacional local g .

Comparando as duas modelagens, obtemos resultados praticamente iguais, conforme é apresentado na figura 26.

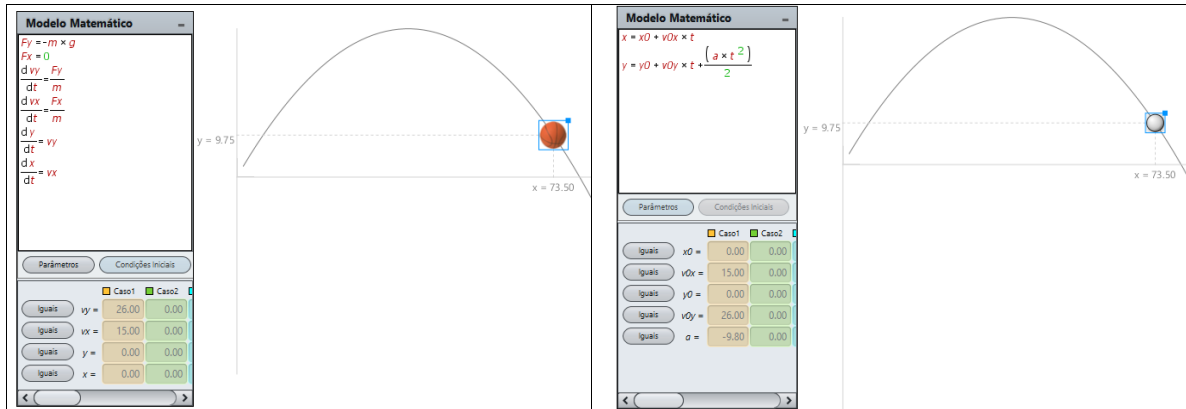


Fig. 26: Imagem que mostra o confronto entre a modelagem dinâmica (à esquerda) e a modelagem cinemática (à direita). Fonte: o autor.

No sexto encontro, houve uma atividade exploratória com o *software Modells*, já que os alunos receberam uma modelagem pronta, onde se considera mais dois referentes, além da Terra: o ar, causando a força de arraste do ar, e a rotação dos corpos imersos no ar, a qual faz surgir, devido à interação desse meio viscoso com o corpo em rotação, uma força (força de *Magnus*). Houve uma motivação anterior para se inserir esse modelo mais sofisticado, já que foram feitos alguns lançamentos reais com bolas de vôlei e basquete, diferentemente daqueles realizados na quadra de basquete, onde tínhamos uma descrição do movimento satisfatória com a modelagem mais simples. No entanto, na figura 27, através de uma vídeo-análise com o *software Tracker*, observamos uma disparidade significativa, forçando-nos a aperfeiçoarmos nossa modelagem.

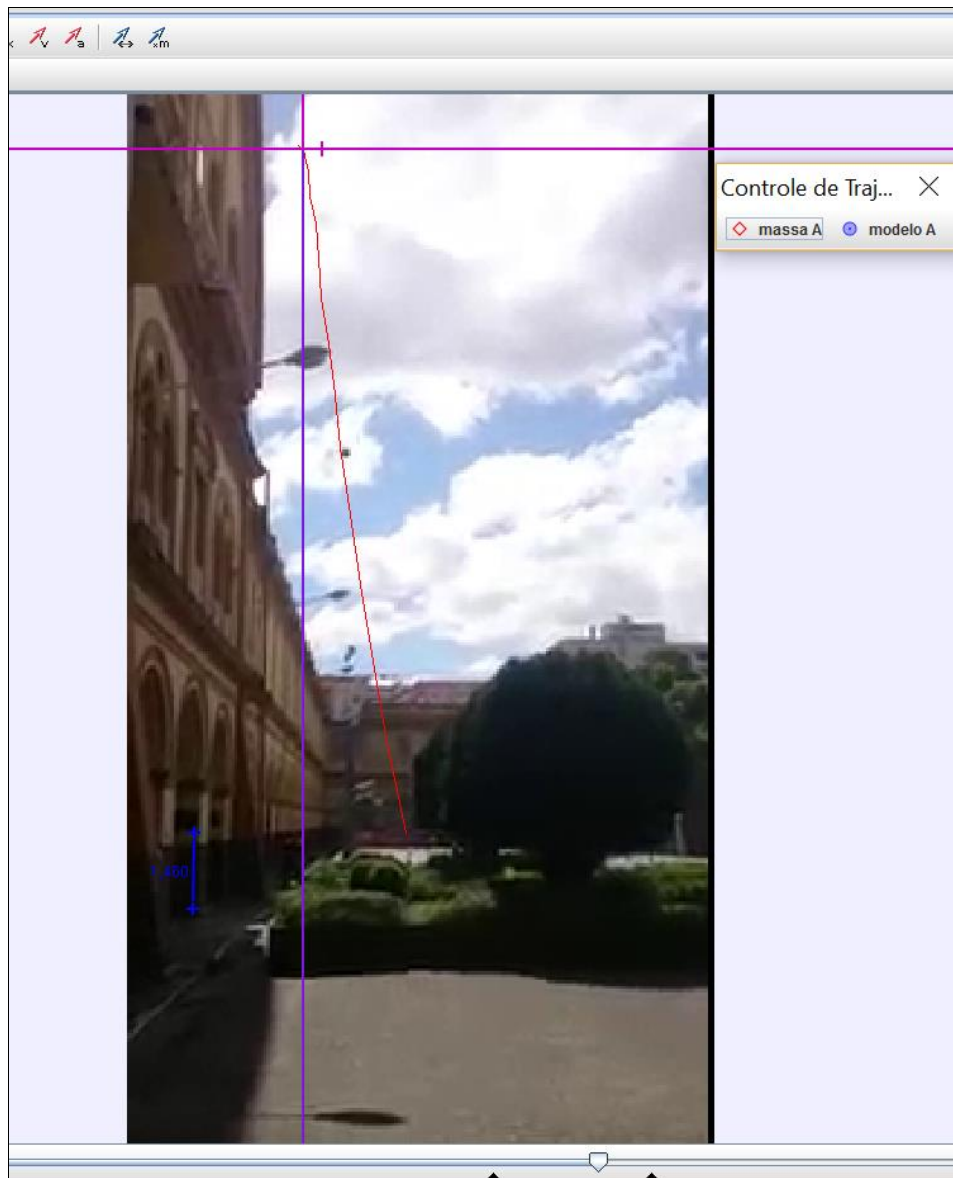


Fig. 27: Imagem de uma vídeo-análise no Tracker que mostra as trajetórias real (em vermelho) e a teórica (em azul) considerando apenas a influência gravitacional sobre a bola. Fonte: o autor.

Assim sendo, houve a necessidade de se trabalhar com uma modelização mais sofisticada, o que trouxe à baila o arraste do ar e a força de *Magnus*. Na animação representada na figura 28, temos uma modelagem para o movimento de três bolas de basquete, representando, de forma simulada, a influência gravitacional exclusivamente (à esquerda – vetor que representa a força gravitacional), em outra o arraste do ar acrescentando uma força adicional (no centro – a força de arraste do ar está representada em roxo). Finalmente à direita uma trajetória curvilínea consequente de outros referentes já observados, incluindo a rotação da bola em torno do eixo que passa pelo seu centro de massa como novo referente, originando uma nova força, a de *Magnus* (representada por um vetor preto).

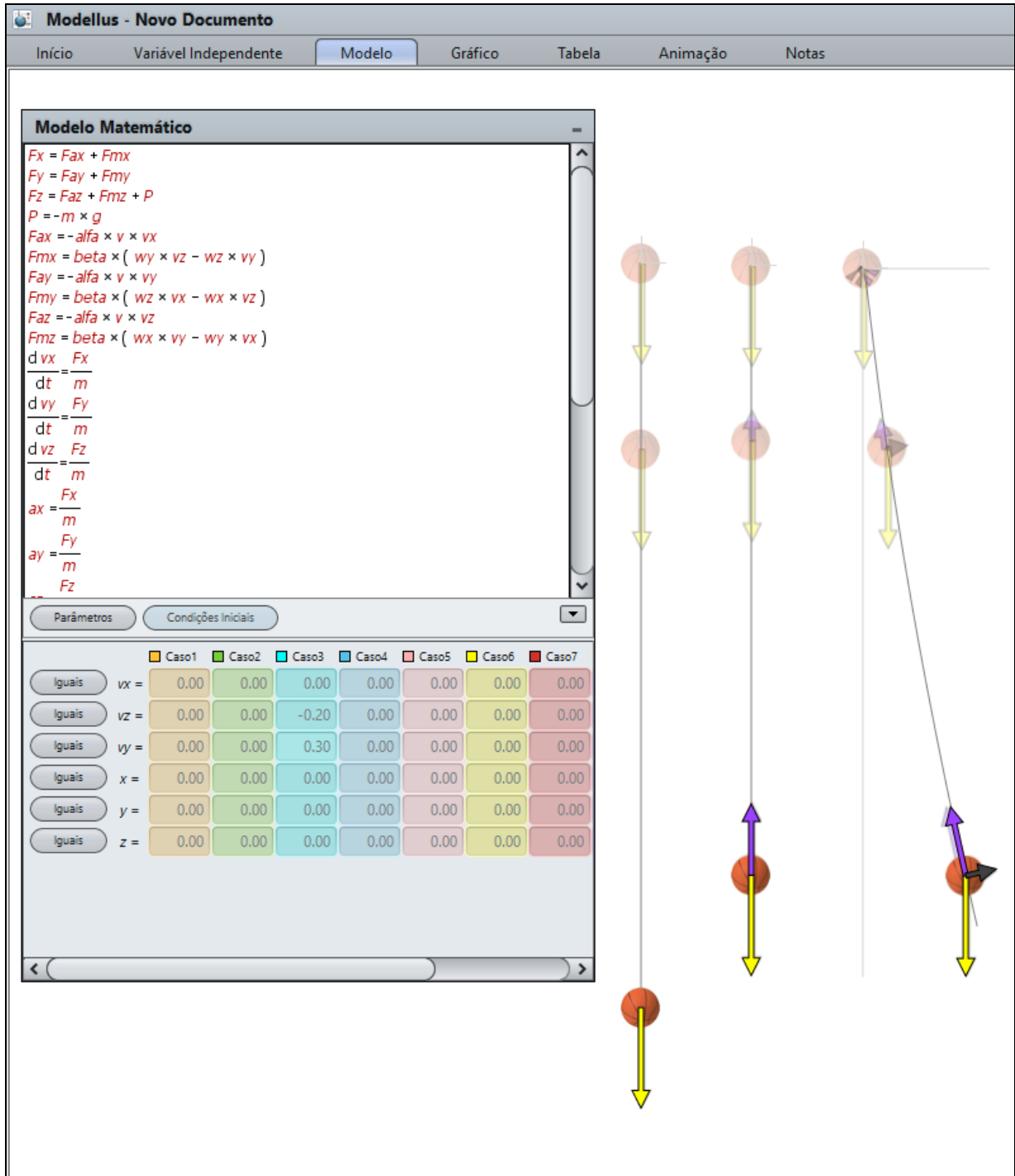


Fig. 28: Imagem da modelagem no *software Modellus* de uma animação com três bolas de basquete sob a ação de várias forças (a gravitacional em amarelo, a do arraste do ar em roxo e a de *Magnus* em preto). Fonte: o autor.

Em uma comparação com as trajetórias da vídeo-análise (em vermelho na Fig. 27) e da animação do caso que considera o efeito *Magnus* (Fig. 28), durante um intervalo de tempo de aproximadamente dois segundos, percebe-se qualitativamente uma grande semelhança entre os movimentos. Para um experimento efetuado pelos alunos sem um rigor experimental

e com dados coletados simplesmente por *smartphones* e pela operação do *software Tracker*, parece tratar-se de um resultado bem satisfatório.

Os alunos já com boas indicações da eficiência da modelagem mais sofisticada, em nosso último encontro, após o pedido de se encontrar em que ângulo se atinge o maior alcance para o mesmo de valor velocidade inicial, tiveram que analisar o lançamento oblíquo de uma bola de futebol para as três configurações de modelagens conhecidas por eles, da mais simples a mais sofisticada, respectivamente, definidas no caso 1, 2 e 3. O resultado para os alunos foi surpreendente, pois eles esperavam que, mesmo considerando os diversos referentes acrescentados na modelagem, o maior alcance seria atingido com um ângulo de 45° sendo o valor da velocidade inicial sempre o mesmo. Vejamos na tabela 3 de dados obtida pelo *software Modellus* para os três casos, relacionando o instante de tempo t às posições y e z com os ângulos de lançamento (em relação ao eixo y), cujo alcance em cada caso, partindo de um valor de velocidade inicial de 50 m/s, foi o maior.

Tabela 3 - Dados obtidos pelo *software Modellus* que relacionam o instante de tempo t às posições y e z da bola lançada a ângulos cujo alcance correspondente (em destaque na tabela com valor aproximado) foi maior para cada caso que considerou como referentes o planeta Terra, o ar e a rotação da bola (caso1 – apenas o 1°; caso 2 – o 1° e o 2°; e caso 3 – todos).

Ângulo de Lançamento	Caso 3		Caso 2		Caso 1	
	18°		30°		45°	
t (s)	y (m)	z (m)	y (m)	z (m)	y (m)	z (m)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	22,11	7,01	20,41	10,60	17,68	16,46
1,00	41,44	12,60	38,73	17,80	35,36	30,46
1,50	58,62	16,78	55,43	22,00	53,04	42,02
2,00	74,13	19,58	70,81	23,53	70,72	51,12
2,50	88,35	21,01	85,07	22,57	88,40	57,77
3,00	101,55	21,07	98,37	19,32	106,08	61,98
3,50	113,97	19,79	110,78	13,92	123,76	63,73
4,00	125,80	17,19	122,36	6,50	141,44	63,04
4,36	134,05	14,52	130,22	0,00	154,17	61,02
5,64	162,18	-0,09	-	-	199,43	43,56
7,22	-	-	-	-	255,30	-0,13

Fonte: o autor.

Segundo Aguiar e Rubini (2004), com algumas adaptações esta modelagem pode ser utilizada em projetos interessantes em várias situações do futebol e também em outros esportes. Foi o que fizemos aqui, permitindo ao aluno transcender um pouco, mesmo sem ideal profundidade, uma noção inicial a respeito dos lançamentos e fazendo-o perceber que a Física está mais próxima do que ele pensa, inclusive, no seu esporte, além de ser determinante em algumas situações como no chute do Pelé⁸ e qualquer outro lançamento semelhante pelo que nossos resultados constantes na tabela 3 indicaram.

6.3 Avaliação final e hipótese para confronto

Como última atividade da proposta, foi aplicado o pós-teste de força e movimento e o de atitude. Infelizmente não foi possível realizá-los com os 27 alunos que fizeram os pré-testes. Assim uma análise quantitativa em comparação aos pré-testes ficou um pouco prejudicada, tornando nosso enfoque menos comparativo, já que o comparecimento dos alunos foi apenas de 2/3 do efetivo participante esperado. A tabela 4 apresenta a frequência das respostas em cada questão do questionário de força e movimento, realizado em regime de pós-teste, com a informação adicional na última linha sobre a razão entre o número de respostas newtoniana e o total de respondentes.

Tabela 4 – Frequências das respostas dos 18 respondentes do questionário sobre força e movimento nas suas 15 questões (pós-teste).

Alternativa	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15
A	1	0	8	1	9	1	7	11	7	1	4	9	6	6	1
B	0	4	8	14	0	1	10	1	7	6	10	6	2	3	1
C	6	0	2	3	1	5	1	6	3	10	4	3	5	2	3
D	11	8	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	4	7	7
E	0	6	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	1	0	6
Razão Newton/Total	0,33	0,44	0,44	0,17	0,11	0,06	0,39	0,06	0,18	0,35	0,22	0,17	0,22	0,33	0,33

Fonte: o autor

No teste de força e movimento, já começamos a perceber uma tendência de nossos alunos em assinalarem a resposta de acordo com a concepção newtoniana. Uma evidência disso está na resposta à questão 2, a qual trata das forças exercidas na bola quando ela tem velocidade nula em relação a quem o lançou, pois a frequência de respostas a esta questão foi

⁸ Famoso chute do Pelé do meio de campo na copa do mundo de 1970 no jogo contra a seleção da Tchecoslováquia.

a maior na alternativa coerente com a concepção newtoniana. Outro aspecto importante é que tivemos o resultado com o maior número de respostas coerentes com a concepção newtoniana dadas por um respondente (11 questões) no pós-teste, enquanto que no pré-teste o resultado mais próximo foi de 9 questões em acordo com Newton.

Os problemas enumerados para o teste de concepções também valem para o pós-teste de atitude, porém no desenvolvimento de todas atividades se percebeu um entusiasmo e outra postura em relação à aula de Física de alunos que não colaboravam em nada com o desenvolvimento dos trabalhos. Embora a estatística descritiva não possa ser tão efetiva na comparação, o comportamento do aluno no que tange ao seu envolvimento nas atividades, ao final dos encontros, ficou bem diferente se comparado à primeira aula. Com a tabela 5, é apresentada a estatística básica do teste de atitude, realizado em regime de pós-teste.

Tabela 5 - Estatística descritiva básica do questionário de atitude em relação às aulas de Física (pós-teste).

Nº de alunos	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
18	81,60	83,50	53	104	15,97

Fonte: o autor.

Para se tornar possível um confronto entre os dados do pré-teste e pós-teste, tanto aquele que trata das concepções sobre força e movimento, quanto o de atitude, foi considerada uma hipótese sobre os componentes do grupo que realizaram o pós-teste e os que não o realizaram. Essa hipótese considera como integrantes do grupo que realizou os pós-testes os alunos com um resultado de menor frequência relativa à resposta newtoniana e também de atitude menos favorável às aulas de Física. Uma justificativa para haver um direcionamento para essa hipótese se encontra nas circunstâncias do CMPA, pois como se tratavam de alunos do 3º ano do ensino médio no último mês de aula (outubro) naturalmente os que tinham mais facilidade em Física resolveram abandonar as aulas da proposta em favor de uma atenção maior as outras disciplinas curriculares.

Nesse contexto da hipótese sugerida, foi construído o gráfico 1, que confronta os resultados do pré-teste e pós-teste do questionário sobre força e movimento, apenas considerando as questões com respostas de frequência relativa menor que 0,30 no pré-teste. Assim sendo, é apresentado a seguir o confronto entre os resultados de frequência relativa à resposta newtoniana do pré-teste e pós-teste:

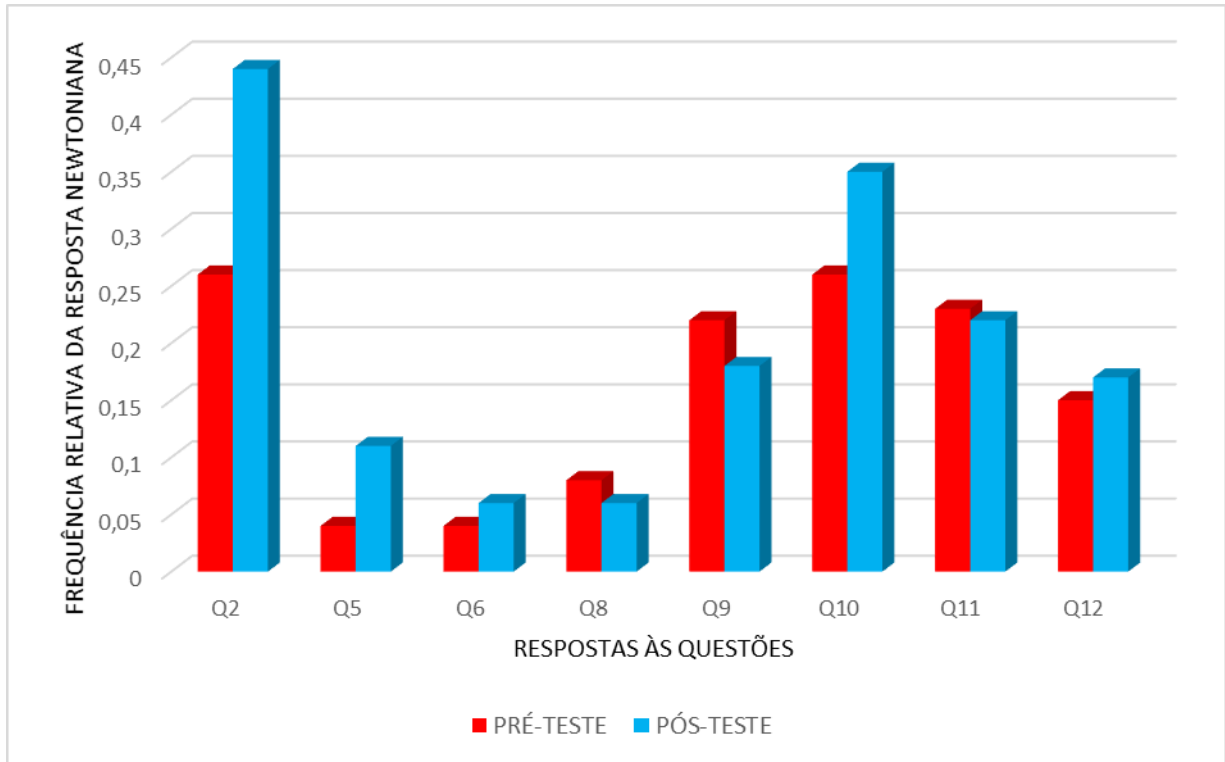


Gráfico 1 – Confronto de frequências relativas à concepção newtoniana do pré-teste (vermelho) e pós-teste (azul).

Analisando o gráfico 1, é possível perceber que houve uma mudança sensível nas respostas do pós-teste em relação ao pré-teste e, além disso, dizer que houve uma maior aproximação à concepção newtoniana, já que em 5 questões das 8 comparadas ocorreu um aumento na frequência relativa.

A confrontação para atitude entre pré-teste e pós-teste pode ser sintetizada no gráfico 2, que traz dados de média, mediana, pontuação mínima e máxima de atitude.

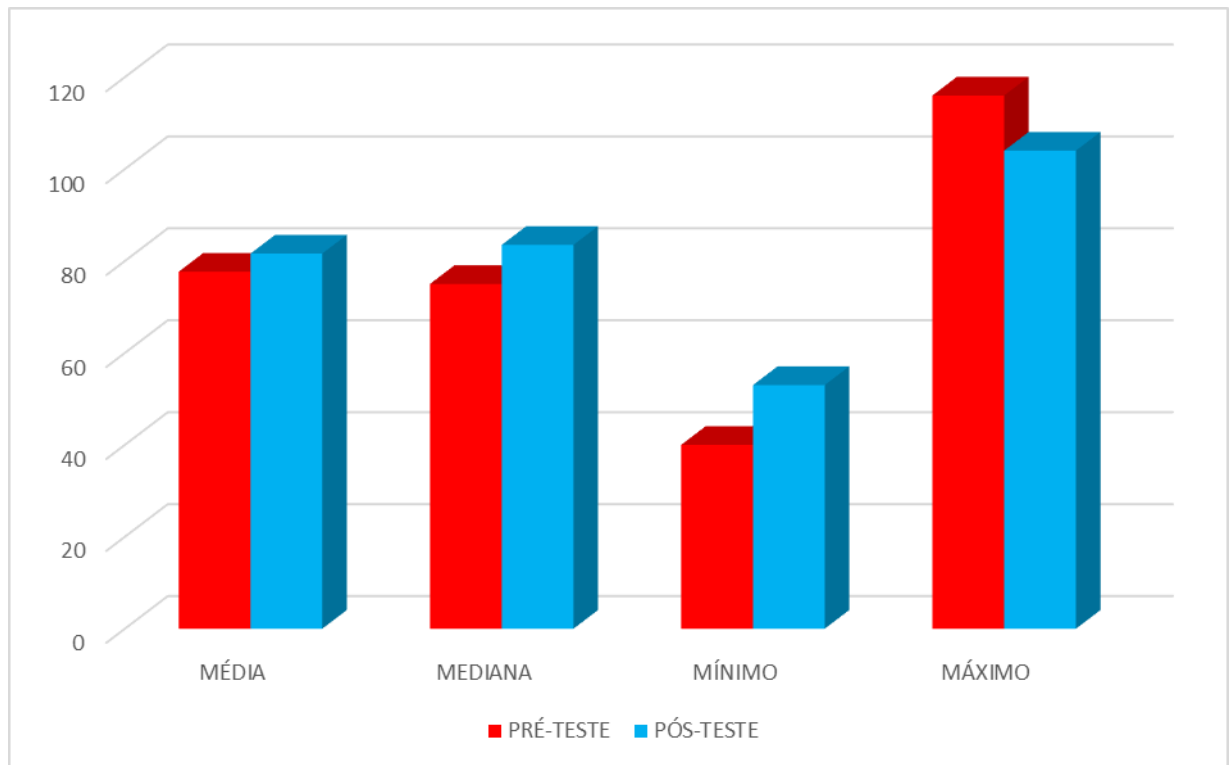


Gráfico 2 – Confronto entre alguns dados estatísticos do pré-teste (vermelho) e pós-teste (azul) de atitude.

Apenas a pontuação máxima do pós-teste é inferior à do pré-teste, no entanto isso se torna um fator que destaca mais ainda a influência da aplicação da proposta à atitude dos alunos às aulas de Física. Esse raciocínio surge da consideração de nossa hipótese, pois do grupo maior restaram na sua maioria os alunos com atitude desfavorável. Ressalta-se que a mediana do pós-teste indica que pelo menos a metade dos respondentes tem atitude acima de 84 pontos, o que não aconteceu no pré-teste cuja mediana obtida foi de 75 pontos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os professores de Física, a vida com certeza não é fácil, pois mesmo com uma metodologia de ensino mais moderna já se nota como muitos alunos recebem uma aula de Física, sem a predisposição necessária para aprender e rotulando aqueles que seguem esse estudo. O que vemos normalmente em nosso estudante é uma sensação de medo pela disciplina, com um plano apenas de passar por ela e nunca mais vê-la (como se fosse possível!) e, como não poderia deixar de mencionar, expostos a um “retrato” de ensino que mesmo para os “melhores” alunos ainda com “validade” para não acabar.

Considerando o recém mencionado, para o que chamarei de um aluno convencional, ou seja, aquele aluno sem uma predisposição de aprender Física significativamente, os esforços utilizados em preparação e realização de uma aula em que se exponha um conhecimento potencialmente significativo não terá a produtividade almejada. Assim, o direcionamento maior de nossa proposta se deu na abordagem com TICs, apesar de tratar de assuntos tradicionais em Física.

Este trabalho foi pautado essencialmente com uma visão inovadora de um ensino de Física de conceitos e formalizações introdutórias sobre Mecânica, utilizando-se de uma abordagem que traz à sala de aula um rol de recursos mais próximos do contexto social de nosso aluno, ou seja, aquilo que chamamos de TICs, para que exista uma maior predisposição à aprendizagem e ela, por consequência, seja significativa. Nossa perspectiva epistemológica para uso de ferramentas auxiliares de ensino em todas as atividades elencadas como vídeos, animações e modelagens com os softwares apropriados foi a bungeana, a qual, de acordo com os resultados mencionados, certamente trouxe um esclarecimento maior sobre o fazer científico, permitindo ao nosso aluno uma ideia menos ingênua a respeito da Ciência.

As concepções sobre força e movimento muito presentes na estrutura cognitiva de nosso aluno, até naqueles que já estudaram esse assunto (era o caso dos participantes da proposta), correspondiam a uma concepção pré-newtoniana, pois, em um julgamento rápido e talvez precipitado as aulas de Física anteriores não foram eficientes. Porém, em nossa proposta, a qual tem o intuito de desconstruir ou pelo menos trazer uma ideia mais harmoniosa e coerente com as situações do cotidiano do aluno no que se refere ao movimento, ainda assim, evidencia-se no estudante, os recebedores desse ensino, que é muito forte a concepção espontânea do senso comum a ponto de serem expostos novamente a mesma avaliação (pós-teste de força e movimento) e, em boa porcentagem, repetirem seu raciocínio.

Os recursos utilizados em uma abordagem com TICs se mostram com razoável eficiência, pelo que já foi comentado nos resultados, já que houve melhora sensível na atitude de nossos alunos. Contudo temos que vencer nesse tipo de metodologia de ensino dois problemas:

- existem alunos que trazem uma concepção de como uma aula de Física deve ser e qual é a identidade docente de um bom professor, por isso ocorre uma reação ruim a uma abordagem diferente; e

- existe a própria identidade que o professor carrega, a qual pode não ser compatível com novas estratégias e recursos modernos, trazendo dificuldades a uma aplicação como a nossa.

Não há como negar alguns fatos: os alunos estão desestimulados com a metodologia tradicional e os que não estão, em boa proporção, aprendem Física mecanicamente, pois nosso teste de concepções reforça isso, além dos próprios vestibulares, quando consideramos a média dos candidatos obtidas em nossa disciplina. Portanto os objetivos de nosso trabalho se justificam no que diz respeito a uma aprendizagem mais significativa e a uma abordagem mais atraente para o discente do século XXI.

Se pensarmos com uma visão mais ampla no tempo e no espaço, veremos que os resultados devido a mudanças em educação não se apresentam imediatamente e isso deve explicar a ocorrência dos problemas supramencionados. Contudo na medida em que se adotam novas estratégias de ensino cada vez mais filiamos novos discentes a essas práticas. Dessa forma, a proposta de ensino para nosso aluno aprender Mecânica busca também com o tempo modificar tanto a identidade docente na visão do aprendiz e do professor, quanto, conseqüentemente, a ideia de uma boa aula de Física.

Em tempos que se cogita permitir ao aluno escolher o que no ensino básico ele deve estudar, nós, professores de Física, devemos nos preocupar cada vez mais em proporcionar aulas cuja contextualização seja muita próxima da rotina do aprendiz moderno e interessante para ele, já que o seu crescente desinteresse pode afastá-lo mais ainda da disciplina e, desta vez, com a possibilidade de esse afastamento ser definitivo e legal (novo ensino médio).

Uma alternativa utilizada neste trabalho como os efeitos do arraste do ar e de Magnus de cunho disciplinar pouco explorados até no ensino superior, conforme destacam Aguiar e Rubini (2004), e, para os professores do ensino médio, sendo razão para não poder comentar mais sobre o fenômeno e abandonar qualquer tipo de conclusão, é uma opção de aproximar a realidade ao que o aluno estuda nas aulas de Física. Somente considerando os efeitos mencionados é que podemos explicar situações tão interessantes e presentes no imaginário do

jovem que gosta de esportes como chutes no futebol, arremessos no basquete, velocidades e distâncias que as bolas desenvolvem.

Por fim, os recursos visuais como as vídeo-análises com o *Tracker* e as modelagens compostas por animações no *Modellus* se mostram instrumentos valiosos na motivação de nosso aluno para trazer interesse e descontração em uma sala de aula ou atividade escolar, como foi relatada neste trabalho, trouxe somente benefícios ao andamento das aulas.

Sinto-me muito satisfeito com a realização deste trabalho, já que possui características inovadoras para o ensino, também explora temas interessantes tanto para mim quanto para os alunos e ainda com o viés bungeano, associado às modelagens computacionais, foi possível um suporte com maior potencial de explicação a respeito do movimento até para este professor. Portanto posso dizer que aprendi junto com os meus alunos em todas atividades.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. E.; RUBINI, G. A aerodinâmica da bola de futebol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, p. 297-306, n. 4, dez. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v26n4/a03v26n4.pdf>>. Acesso em 11 jun. 2016.

ARAGÃO, R. M. R. **Teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel**: sistematização dos aspectos teóricos fundamentais. 1976. 101 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1976.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de Física: um referencial de trabalho. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 341-366, ago. 2012. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/189/129>>. Acesso em: 13 abr 2015.

AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology: A cognitive view*. Nova Iorque: Holt, Rinehart & Winston, 1968. 1 v.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. (trad. Lígia Teopisto) 1.ed. Lisboa: Paralelo, 2003. 1 v.

BRANDÃO; R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Introdução à modelagem científica**. Textos de Apoio ao Professor de Física, Porto Alegre, v. 21, n. 6, 2010.

BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio) – PCN+**. Brasília: SEMT, 2001. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 4 maio 2015.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais (PCNs) – Parte III – Ciências da natureza Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEF, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em 4 maio 2015.

CASTILHO, M. I.; RICCI, T. F. O uso de animações como elemento motivador de aprendizagem. **Experiências em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, p. 10 - 17, ago. 2006. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID20/pdf/2006_1_2_20.pdf>. Acesso em: 4 maio 2015.

CUPANI, A.; PIETROCOLA, M. A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, p. 100-125, número especial, jun. 2002. Disponível em:<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10057/15387>>. Acesso em 11 jun. 2016.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. (trad. Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina.) 9.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 1 v.

MENDES, J. F.; COSTA, I. F.; SOUSA, M. C. S. G. O uso do *software Modellus* na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 34, n. 1, 2402, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/342402.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2015.

MONTEIRO, M.; CABEZA, C.; MARTI, A. C. *Acceleration measurements using smartphone sensors: dealing with the equivalence principle*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 37, 1303, n. 1, mar. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n1/0102-4744-rbef-37-01-1303.pdf>>. Acesso em 11 jun. 2017.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. ampl. São Paulo: E.P.U., 2014.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. *Epistemologias Sec. XX*. 1. ed. São Paulo: E.P.U., 2011.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, dez. 1999. Disponível em: <

<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/604/pdf>>. Acesso em 11 jun. 2016.

PIRES, M. A.; VEIT, E. A. Tecnologia da informação e comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de física no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 241-248, jun. 2006. Disponível em:

<<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/050903.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2015.

ROSA, R. S. **O uso de tecnologia da informação e comunicação na concepção de uma unidade didática para o ensino da relação entre força e movimento**. 2013. 155 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/83674/000906755.pdf?sequence=1>>.

Acesso em: 4 maio 2015.

SANTOS, J. L. **Cinemática das corridas de atletismo**. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

Disponível em:

<http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2012_Jose_Luiz_Santos/dissertacao_Jose_Luiz_Santos.pdf>. Acesso em: 30 abr 2016.

SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Validação de um teste para detectar se o aluno possui a concepção newtoniana de força e movimento. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 38, p. 2047-2055, dez. 1986. Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Teste_Mecanica_1.pdf>. Acesso em: 2 maio 2016.

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

<<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n1/v35n1a20.pdf>>. Acesso em 11 jun. 2016.

TALIM, S. L. A atitude no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, p. 313-324, dez. 2004. Disponível em:

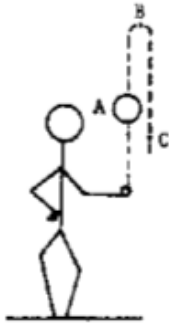
<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n3p614/27970>>.

Acesso em: 2 maio 2016.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros** (trad. Paulo Machado Mors) 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. v. 1.

ANEXOS

ANEXO A - QUESTIONÁRIO SOBRE FORÇA E MOVIMENTO



As questões 1, 2 e 3 referem-se ao enunciado seguinte:

Um menino lança verticalmente uma bola. Os pontos A, B e C identificam algumas posições da bola após o lançamento (B é o ponto mais alto da trajetória). É desprezível a força de resistência do ar sobre a bola.

As setas dos desenhos seguintes mostram as forças que são exercidas sobre a bola.

1) No ponto A, quando a bola está subindo, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

- a) b) c) d) e)
iguais

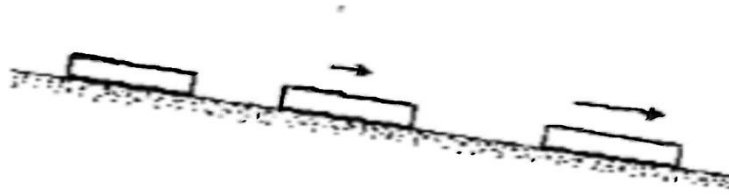
2) No ponto B, quando a bola atinge o ponto mais alto da trajetória, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

- a) b)
iguais c) d) e)
força nula

3) No ponto C, quando a bola está descendo, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

- a) b) c)
força nula d) e)
iguais

4) O esquema representa um corpo que foi abandonado em repouso sobre uma rampa com atrito constante (é desprezível a força de resistência do ar sobre o corpo). Ele passa a deslizar com velocidade cada vez com velocidade maior, conforme mostra a figura. Assim sendo pode se afirmar que a força que é exercida no corpo rampa abaixo:

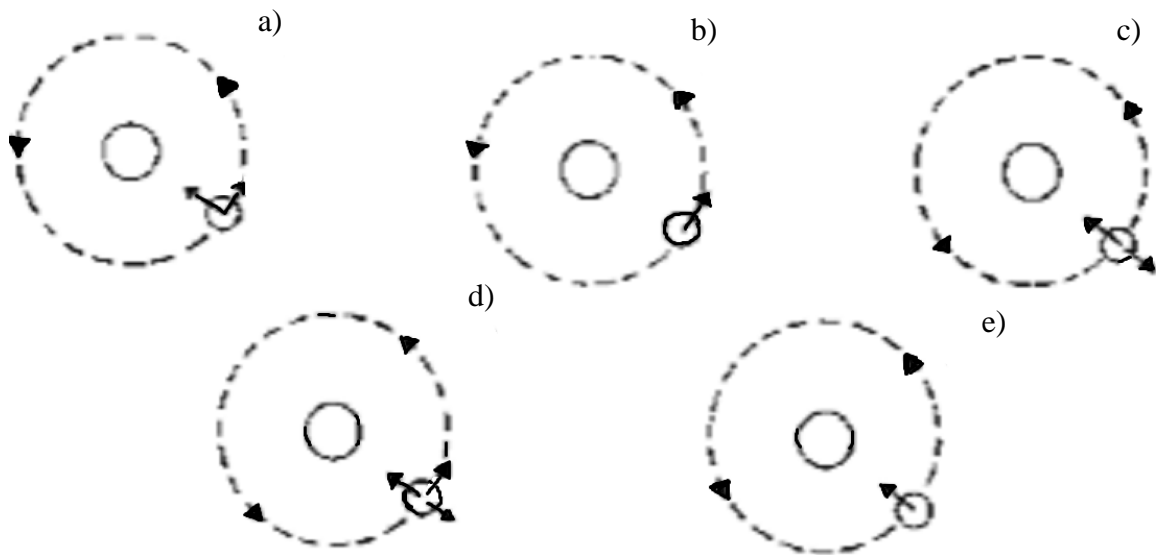


a) é igual à força de atrito.

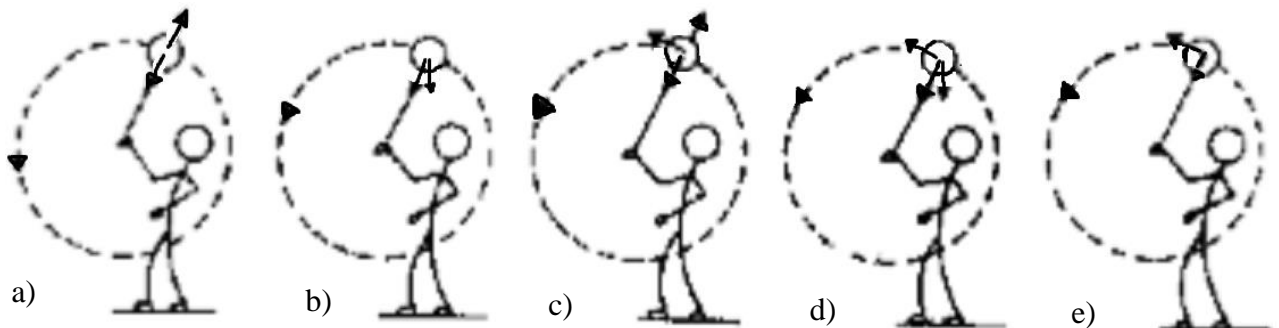
b) é maior do que a força de atrito e está crescendo.

c) é constante mas maior do que a força de atrito.

5) As figuras mostram um satélite descrevendo movimento circular uniforme em torno da Terra. As setas mostram as forças que são exercidas sobre o satélite. Qual das figuras melhor representa a(s) força(s) sobre o satélite?

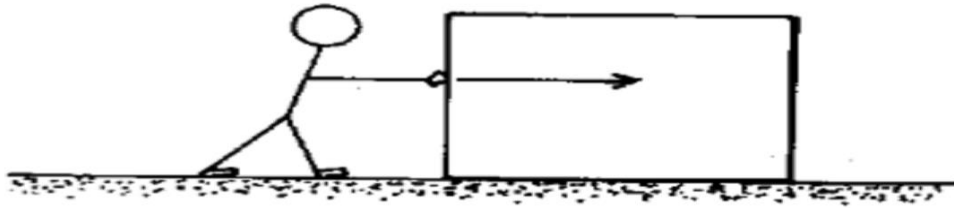


6) As figuras mostram um menino que faz girar em um plano vertical uma pedra atada a um extremo de um fio. Se as setas mostram as forças sobre a pedra, qual das figuras melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?



As questões 7, 8 e 9 referem-se ao enunciado seguinte:

O esquema representa um indivíduo aplicando uma força horizontal sobre uma caixa. A caixa está sobre uma superfície horizontal com atrito. É desprezível a força de resistência do ar sobre a caixa.



7) Inicialmente o indivíduo realiza uma força um pouco maior do que a força de atrito. Portanto a caixa se movimentará:

- a) com velocidade que aumenta.
- b) com velocidade pequena e constante.
- c) com velocidade grande e constante.

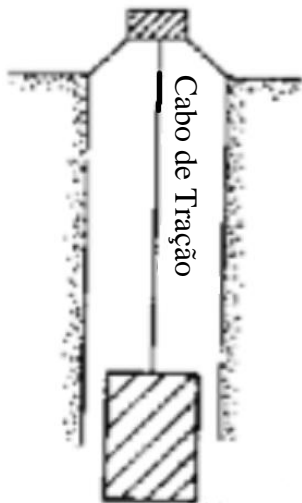
8) A caixa está sendo empurrada por uma força bastante maior do que a força de atrito. Então o indivíduo diminui a força mas assim mesmo ela continua sendo um pouco maior do que a força de atrito. Portanto, a velocidade da caixa:

- a) diminui.
- b) aumenta.
- c) permanece a mesma.

9) A caixa está sendo empurrada por uma força maior do que a força de atrito. Então o indivíduo diminui a força até que ela se iguale a de atrito. Portanto a caixa:

- a) continuará se movimentando mas acabará parando.
- b) parará em seguida.
- c) continuará se movimentando com velocidade constante.

As questões 10, 11 e 12 referem-se ao enunciado a seguir:



Elevador

O esquema apresenta o elevador e o seu sistema de tração (motor e cabo). Através do cabo o motor pode aplicar uma força sobre o elevador (são desprezíveis as forças de atrito e de resistência do ar sobre o elevador).

10) O elevador está inicialmente parado e então o motor aplica sobre o elevador uma força um pouco maior do que o peso do elevador. Assim sendo pode-se afirmar que o elevador subirá:

- a) com velocidade grande e constante.
- b) com velocidade que aumenta.
- c) com velocidade pequena e constante.

11) O elevador está subindo e o motor está aplicando uma força bastante maior do que o peso do elevador. Então a força que o motor faz diminui mas permanece ainda um pouco maior do que o peso. Portanto a velocidade do elevador:

a) aumenta.

b) diminui.

c) não é alterada.

12) O elevador está subindo e o motor está aplicando uma força maior do que o peso do elevador. Então a força que o motor faz diminui e se iguala ao peso do elevador. Portanto o elevador:

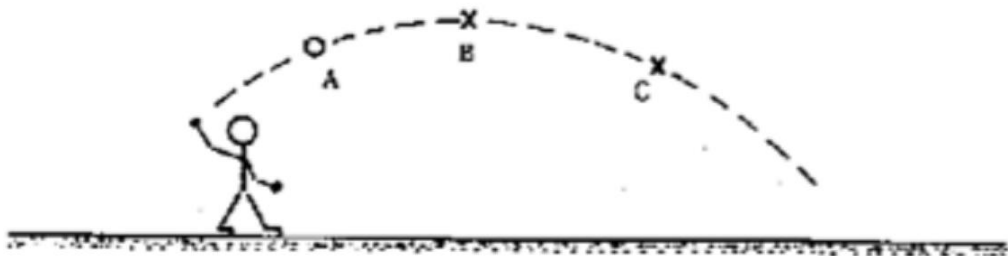
a) parará em seguida.

b) continuará subindo durante algum tempo mas acabará parando.

c) continuará subindo com velocidade constante.

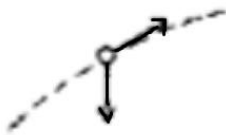
As questões 13, 14 e 15 referem-se ao enunciado abaixo:

Um menino lança uma pedra que descreve a trajetória indicada na figura (a força de resistência do ar é desprezível). O ponto B é o ponto mais alto da trajetória.



As setas nos esquemas seguintes representam forças que são exercidas sobre a pedra.

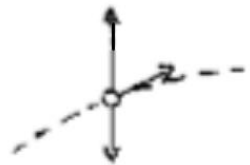
13) No ponto A, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) que é(são) exercida(s) sobre a pedra?



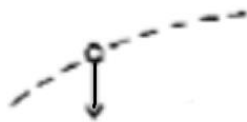
a)



b)



c)

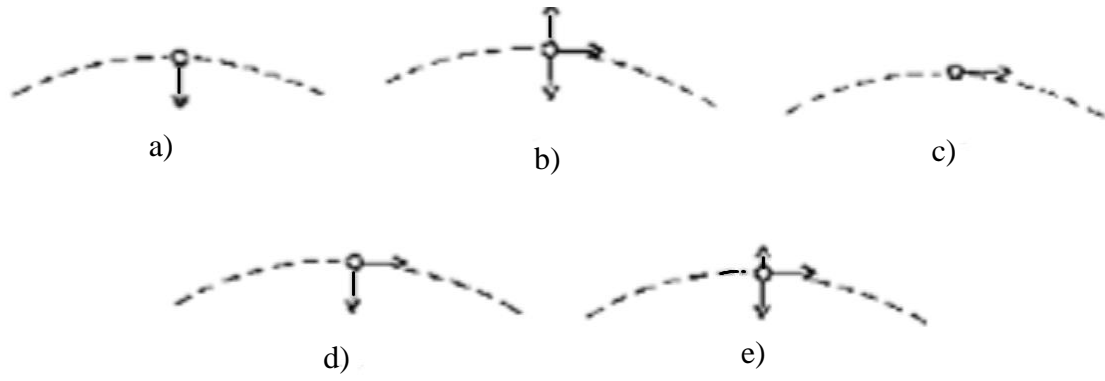


d)

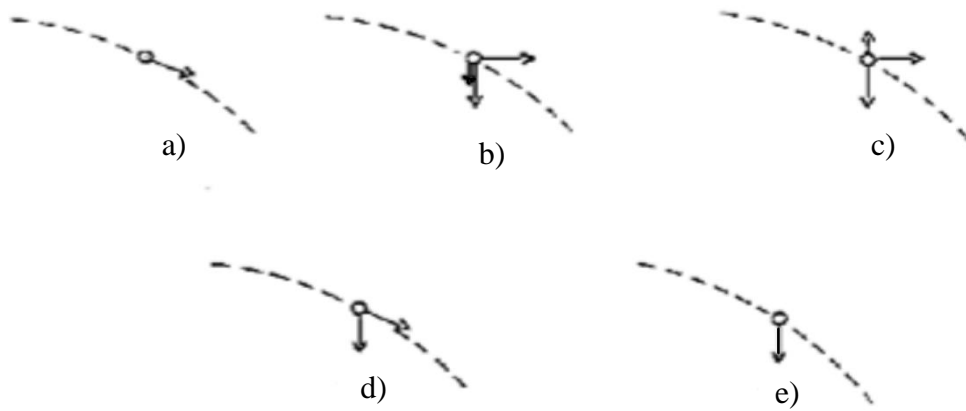


e)

14) No ponto B, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) que é(são) exercida(s) sobre a pedra?



15) No ponto C, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) que é(são) exercida(s) sobre a pedra?



ANEXO B - QUESTIONÁRIO DE ATITUDE DOS ALUNOS EM RELAÇÃO À FÍSICA

Marque com um “X”, de acordo com sua opinião, uma das 5 (cinco) colunas correspondentes a sua atitude em relação a cada afirmativa (abaixo ver legenda).

Ord	AFIRMATIVAS DE ATITUDE	CF	C	SO	D	DF
1	Os problemas de Física despertam a minha curiosidade.					
2	Eu não gosto de Física.					
3	Não consigo entender nada de Física.					
4	A Física é fascinante.					
5	Estudo Física porque sou obrigado.					
6	Tenho prazer em resolver um problema de Física.					
7	Nas aulas de Física me sinto muito bem.					
8	Quando estudo Física, sinto-me incomodado.					
9	Física é a matéria que mais me interessa.					
10	Estudar Física para mim é perda de tempo.					
11	Quando tento resolver um problema de Física desanimo logo.					
12	Aprender Física me traz satisfação.					
13	Eu sinto facilidade em aprender Física.					
14	Fico nervoso só de pensar em ter que resolver problemas de Física.					
15	Acho a Física muito importante.					
16	Gosto muito da Física.					
17	Estudo Física apenas para passar de ano.					
18	A Física me ajuda a resolver problemas práticos.					
19	Um problema difícil de Física me desafia a resolvê-lo.					
20	Sinto-me completamente perdido quando estudo Física.					
21	As aulas de Física me deixam inquieto, irritado e desconfortável.					
22	Quando estudo Física, sinto-me estimulado a aprender.					
23	Os conteúdos estudados em Física não me são de qualquer utilidade.					
24	Sinto-me bem resolvendo problemas de Física.					
25	Sinto desgosto só de ouvir a palavra Física.					
26	Não acho nenhuma utilidade para o que aprendo em Física.					
27	Desejo aprender Física, pois julgo que ela me é necessária e útil.					
28	Sinto-me tranquilo e confiante nas aulas de Física.					

Legenda: CF – Concordo fortemente; C – Concordo; SO – Sem opinião; D – Discordo; DF – Discordo fortemente.

APÊNDICES
APÊNDICE A - PLANOS DE AULA
Cinemática I

Data: 12/09/2016

1. Conteúdo

Movimento retilíneo uniforme (MRU) e uniformemente acelerado (MRUV).

2. Objetivos de ensino

Oferecer condições de aprendizagem para o aluno:

- a. Interpretar dados retirados de movimentos de corpos propostos pelo professor, que identificam a posição a cada instante de tempo, utilizando o *software Calc* (versão gratuita de um assemelhado ao *Microsoft Excel*); e
- b. Interpretar gráficos de posição x tempo, construídos por eles mesmos, definindo as características de cada movimento.

3. Procedimentos

a. Atividade Inicial

- 1) Com a intenção de esclarecer como serão desenvolvidas as atividades de didáticas, ao aluno será disponibilizado um laptop por dupla, a qual comporá juntamente com outra uma mesa da sala de aula. Nessas mesas haverá a possibilidade de conexão com a Internet e alimentação de energia elétrica. Outro aspecto importante a ser exposto aos discentes será a respeito do material a ser portado para aulas: smartphone, caderno, lápis caneta e borracha;
- 2) Para que se obtenha indícios daquilo que o aluno já sabe, aplicar-se-á o teste de concepção newtoniana (SILVEIRA, 1986) e também, para inicialmente obter informações sobre como o aluno recepciona a Física, aplicar-se-á logo após o questionário de atitude (TALIM, 2005).

b. Desenvolvimento

Serão desenvolvidas sequencialmente:

- 1) exposições dialogadas a respeito de movimentos corriqueiros observados no dia a dia, com apresentação de vídeos;
- 2) análises assistidas de dados recebidos do professor (tempo, posições, velocidade e rapidez) em uma planilha eletrônica, buscando interpretá-los graficamente através de recursos do *software Calc*; e
- 3) prática assistida de gravações de imagens com os próprios *smartphones* dos alunos de movimentos de corpos realizados por eles mesmos.

c. Fechamento

- Haverá um pedido para os alunos gravarem seus arquivos nos respectivos usuários em cada laptop (ou usando a plataforma *MOODLE* do CMPA), informando que esses materiais serão utilizados na próxima aula.

4. Recursos:

- a. dezesseis *laptops* e um projetor;
- b. um quadro branco, Canetas para quadro branco e um apagador;
- c. oito mesas redondas para o uso de quatro alunos por mesa, com o acréscimo de uma que será utilizada pelo professor; e
- d. 30 (trinta) cópias de cada questionário utilizado na introdução da aula.

5. Avaliação

Haverá durante a aula ou seu final a postagem de alguns arquivos contendo os trabalhos ou resoluções solicitadas, as quais receberão sempre um comentário do professor ou uma pontuação.

6. Observações

Os alunos inscritos nas aulas deste Projeto deverão levar um documento para seus responsáveis subscreverem, autorizando-os a participar de todas as atividades.

Cinemática II

Data: 21/09/2016

1. Conteúdo

Movimento retilíneo uniforme (MRU) e uniformemente acelerado (MRUV).

2. Objetivos de ensino

Oferecer condições de aprendizagem para o aluno:

- a. Interpretar dados trazidos pelo professor de movimentos de corpos, que identificam a posição a cada instante de tempo, utilizando o *software Calc* (versão gratuita de um assemelhado ao *Microsoft Excel*); e
- b. Coletar dados de movimentos, que fazem parte do seu cotidiano ou pelo menos do contexto esportivo atual, utilizando filmagens feitas por *smartphones* e o *software Tracker*.

3. Procedimentos

a. Atividade Inicial

Fazer inicialmente a verificação das tarefas propostas na aula anterior, conferindo com os alunos se foram postadas no *MOODLE* e se executadas de forma coerente, além de apresentar um retorno sobre as avaliações dessas tarefas;

b. Desenvolvimento

Serão desenvolvidas sequencialmente:

- 1) exposições dialogadas a respeito dos modelos cinemáticos estabelecidos para um MRUV e MRU, aplicando-os, diretamente numa planilha eletrônica as respectivas equações;
- 2) análises assistidas de dados recebidos do professor (tempo, posição, velocidade e aceleração) em uma planilha eletrônica, buscando interpretá-los graficamente através de recursos do *software Calc*; e
- 3) prática assistida de gravações de imagens com os próprios *smartphones* dos alunos de movimentos de corpos realizados por eles mesmos.

c. Fechamento

- Haverá um pedido para os alunos fazerem um upload para um canal do Youtube (Clube de Física – Mecânica) de seus arquivos salvos em seus *smartphones*, para posteriormente efetuarem os respectivos downloads em seus laptops de aula, informando que esses materiais serão utilizados na próxima aula.

4. Recursos:

- a. 15 (quinze) *laptops* e um projetor;

- b. um quadro branco, Canetas para quadro branco e um apagador;
- c. oito mesas redondas para o uso de quatro alunos por mesa, com o acréscimo de uma que será utilizada pelo professor;
- d. Uma bola de basquete, uma bola de futebol, uma bola de vôlei, uma bola de basquete pesada e uma bola de tênis, para atividades práticas fora do laboratório; e
- e. A reserva da quadra de esportes e do pátio de formatura no horário da última hora-aula, para se desenvolver as atividades práticas.

5. Avaliação

Haverá durante a aula ou no seu final as postagens de alguns arquivos contendo os trabalhos ou resoluções de problemas solicitados, as quais receberão sempre um comentário do professor com a respectiva avaliação.

6. Observações

Em caso de problemas com as gravações realizadas pelos alunos ou com o armazenamento delas, haverá materiais equivalentes em pastas digitais localizadas nos usuários de cada *laptop*.

Cinemática III

Data: 26/09/2016

1. Conteúdo

Movimento retilíneo uniforme (MRU), uniformemente acelerado (MRUV) e lançamento oblíquo.

2. Objetivos de ensino

Oferecer condições de aprendizagem para o aluno:

a. coletar dados de movimentos, que fazem parte do seu cotidiano ou pelo menos do contexto esportivo atual, utilizando filmagens feitas por *smartphones*, o canal do *Youtube* armazenador de vídeos e o *software Tracker*; e

b. interpretar os dados coletados pelo *software Tracker*, caracterizando o movimento.

3. Procedimentos

a. Atividade Inicial

Fazer inicialmente a verificação das tarefas propostas na aula anterior, conferindo com os alunos se foram postadas no *MOODLE* e se executadas de forma coerente, além de apresentar um retorno sobre as avaliações dessas tarefas;

b. Desenvolvimento

Serão desenvolvidas sequencialmente:

1) a retomada da discussão a respeito dos modelos cinemáticos estabelecidos para um MRUV e MRU, aplicando-os, diretamente numa planilha eletrônica as respectivas equações;

2) uma exposição dialogada utilizando-se um gráfico com um intervalo dados e determinados parâmetros que caracterizam movimentos (aceleração não nula e constante, por exemplo), de forma que haja a percepção antecipada dos comportamentos da posição, velocidade e aceleração do corpo em relação ao tempo; e

3) a utilização dos vídeos da aula anterior com o *software Tracker*, para possibilitar a caracterização dos movimentos, definindo seus parâmetros. Contudo haverá a necessidade de efetuar o download do vídeo escolhido, no canal criado para o Projeto (Clube de Física – Mecânica);

4) a confrontação dos comportamentos das variáveis estudadas na medida em que o tempo passa entre o que foi apresentado nos gráficos anteriores e os construídos pelo próprio *software Tracker*.

c. Fechamento

Haverá a retomada da discussão de que a realidade é diferente daquilo que nossos modelos cinemáticos nos informam.

4. Recursos:

- a. 15 (quinze) *laptops* e um projetor;
- b. um quadro branco, Canetas para quadro branco e um apagador; e
- c. oito mesas redondas para o uso de quatro alunos por mesa, com o acréscimo de uma que será utilizada pelo professor.

5. Avaliação

Haverá durante a aula ou no seu final as postagens de alguns arquivos contendo os trabalhos ou resoluções de problemas solicitados no *MOODLE*, as quais receberão sempre um comentário do professor com a respectiva avaliação.

6. Observações

Em caso de problemas com as gravações realizadas pelos alunos ou com o armazenamento delas, haverá materiais equivalentes em pastas digitais localizadas nos usuários de cada *laptop*.

Dinâmica I

Data: 03/09/2016

1. Conteúdo

Diagrama de corpo livre e Leis de Newton.

2. Objetivos de ensino

Oferecer condições de aprendizagem para o aluno:

- a. coletar dados de movimentos mais especiais, que fazem parte do seu cotidiano ou pelo menos do contexto esportivo atual, utilizando filmagens feitas por *smartphones* ou por um *drone*, o canal do *Youtube* armazenador de vídeos e o *software Tracker*; e
- b. interpretar os dados coletados pelo *software Tracker*, caracterizando o movimento;
- c. identificar a necessidade de se considerar novos referentes na interpretação do comportamento das variáveis, com a finalidade de nos aproximarmos da descrição do movimento observado através de um novo modelo teórico;
- d. reconhecer as causas do movimento de acordo com a mecânica de Newton.

3. Procedimentos

a. Atividade Inicial

Fazer inicialmente a verificação das tarefas propostas na aula anterior, conferindo com os alunos se foram postadas no *MOODLE* e se executadas de forma coerente, além de apresentar um retorno sobre as avaliações dessas tarefas;

b. Desenvolvimento

Serão desenvolvidas sequencialmente:

- 1) a retomada da discussão a respeito dos modelos teóricos estabelecidos para um MRUV e MRU, destacando os referentes considerados para esses movimentos, mesmo que de forma implícita;
- 2) uma revisão sobre as Leis de Newton, as quais são a base da Teoria Geral da Mecânica de Newton, considerando ao mesmo tempo a modelização necessária para interpretarmos o diagrama de corpo livre (de forças) em cada movimento estudado; e
- 3) uma demonstração, juntamente com a gravação de vídeos por parte dos alunos, da queda de uma bola de basquete do ponto mais alto do Colégio sem e com rotação em torno de seu eixo.

c. Fechamento

Haverá a retomada da discussão de que a realidade é diferente daquilo que nossos modelos teóricos nos informam, neste momento apresentando novas influências como a do arraste do ar, das formas e dimensões, além da rotação dos corpos.

4. Recursos:

- a. 15 (quinze) *laptops* e um projetor;
- b. 3 (três) bolas de vôlei e de basquete, para os lançamentos do ponto mais alto do CMPA;
- c. um quadro branco, Canetas para quadro branco e um apagador; e
- d. oito mesas redondas para o uso de quatro alunos por mesa, com o acréscimo de uma que será utilizada pelo professor.

5. Avaliação

Haverá durante a aula ou no seu final as postagens de alguns arquivos contendo os trabalhos ou resoluções de problemas solicitados no *MOODLE*, as quais receberão sempre um comentário do professor com a respectiva avaliação.

6. Observações

Em caso de problemas com as gravações realizadas pelos alunos ou com o armazenamento delas, haverá materiais equivalentes em pastas digitais localizadas nos usuários de cada *laptop*.

Dinâmica II

Data: 10/10/2016

1. Conteúdo

Diagrama de corpo livre, Leis de Newton e Força Gravitacional.

2. Objetivos de ensino

Oferecer condições de aprendizagem para o aluno:

- a. interpretar os dados coletados pelo *software Tracker*, caracterizando o movimento;
- b. identificar a necessidade de se considerar novos referentes na interpretação do comportamento das variáveis, com a finalidade de nos aproximarmos da descrição do movimento observado através de um novo modelo teórico; e
- c. Conhecer e utilizar os recursos do *software Modellus* na construção de seus próprios modelos.

3. Procedimentos

a. Atividade Inicial

Fazer inicialmente a verificação das tarefas propostas na aula anterior, conferindo com os alunos se foram postadas no *MOODLE* e se executadas de forma coerente, além de apresentar um retorno sobre as avaliações dessas tarefas;

b. Desenvolvimento

Serão desenvolvidas sequencialmente:

- 1) a retomada da discussão a respeito dos modelos teóricos e a realidade, destacando os referentes possíveis de serem considerados para os movimentos gravados em vídeos no *Youtube*.
- 2) uma continuação da revisão sobre as Leis de Newton, ligando-a aos conceitos de aceleração e velocidade já estudados principalmente com a interpretação dos gráficos construídos, possibilitando o equacionamento matemático para modelarmos o movimento.
- 3) a construção de uma modelagem expressiva, no *Modellus*, considerando apenas a força gravitacional da Terra sendo exercida na partícula.

c. Fechamento

Haverá a retomada da discussão do MRU e MRUV, concluindo que para o modelo construído em aula chega-se na mesma descrição observada nos gráficos estudados nas primeiras aulas.

Por fim, serão realizados no ponto mais alto do Colégio Militar alguns lançamentos com bolas de vôlei e basquete, buscando uma percepção melhor da influência do ar e das dimensões e rotações das bolas em seus movimentos.

4. Recursos:

- a. 15 (quinze) *laptops* e um projetor;
- b. 3 (três) bolas de vôlei e de basquete, para os lançamentos do ponto mais alto do CMPA;
- c. um quadro branco, Canetas para quadro branco e um apagador; e
- d. oito mesas redondas para o uso de quatro alunos por mesa, com o acréscimo de uma que será utilizada pelo professor.

5. Avaliação

Haverá durante a aula ou no seu final as postagens de alguns arquivos contendo os trabalhos ou resoluções de problemas solicitados no *MOODLE*, as quais receberão sempre um comentário do professor com a respectiva avaliação.

6. Observações

Em caso de problemas com as gravações realizadas pelos alunos ou com o armazenamento delas, haverá materiais equivalentes em pastas digitais localizadas nos usuários de cada *laptop*.

Dinâmica III

Data: 17/10/2016

1. Conteúdo

A influência do ar, das dimensões, formas e rotação dos corpos no seu movimento.

2. Objetivos de ensino

Oferecer condições de aprendizagem para o aluno:

a. identificar a necessidade de se considerar novos referentes na interpretação do comportamento das variáveis, com a finalidade de nos aproximarmos da descrição do movimento observado através de um novo modelo teórico; e

b. Conhecer e utilizar os recursos do *software Modellus* na construção de seus próprios modelos.

3. Procedimentos

a. Atividade Inicial

Fazer inicialmente a verificação das tarefas propostas na aula anterior, conferindo com os alunos se foram postadas no *MOODLE* e se executadas de forma coerente, além de apresentar um retorno sobre as avaliações dessas tarefas;

b. Desenvolvimento

Será desenvolvido sequencialmente:

1) um aprofundamento de como ocorre a influência do ar no movimento dos corpos, considerando sua relação com a velocidade e com a forma dos corpos.

2) a definição de novos parâmetros como a constante K e a velocidade terminal do movimento.

3) a construção de uma modelagem expressiva, no *Modellus*, considerando além da força gravitacional da Terra o arraste do ar no movimento dos corpos.

c. Fechamento

Haverá a retomada da discussão sobre a descrição dada pelo modelo teórico e o que é observado na realidade, com o auxílio dos vídeos.

Por fim, será destacado para alguns movimentos observado a necessidade de sofisticar nossa modelagem construída no *Modellus*, explicando conceitualmente a influência da rotação do corpo no seu movimento.

4. Recursos:

- a. 15 (quinze) *laptops* e um projetor;
- b. um quadro branco, Canetas para quadro branco e um apagador; e
- c. oito mesas redondas para o uso de quatro alunos por mesa, com o acréscimo de uma que será utilizada pelo professor.

5. Avaliação

Haverá durante a aula ou no seu final as postagens de alguns arquivos contendo os trabalhos ou resoluções de problemas solicitados no *MOODLE*, as quais receberão sempre um comentário do professor com a respectiva avaliação.

6. Observações

Em caso de problemas com as gravações realizadas pelos alunos ou com o armazenamento delas, haverá materiais equivalentes em pastas digitais localizadas nos usuários de cada *laptop*.

Mecânica

Data: 24/10/2016

1. Conteúdo

Mecânica

2. Objetivos de ensino

Oferecer condições de aprendizagem para o aluno apresentar suas modelagens computacionais, expressando seu conhecimento sobre o movimento.

3. Procedimentos

a. Atividade Inicial

Fazer inicialmente a verificação das tarefas propostas na aula anterior, conferindo com os alunos se foram postadas no *MOODLE* e se executadas de forma coerente, além de apresentar um retorno sobre as avaliações dessas tarefas;

b. Desenvolvimento

Serão desenvolvidas as apresentações das modelagens computacionais construídas pelas alunos, com uma anterior orientação a respeito.

c. Fechamento

Destaque final a respeito dos modelos utilizados tradicionalmente em sala de aula e os trabalhados em nossas aulas, porém ainda que consideremos os mais sofisticados, nunca teremos certeza se eles explicam plenamente a realidade.

4. Recursos:

- a. 15 (quinze) *laptops* e um projetor;
- b. um quadro branco, Canetas para quadro branco e um apagador; e
- c. oito mesas redondas para o uso de quatro alunos por mesa, com o acréscimo de uma que será utilizada pelo professor.

5. Avaliação

Haverá a realização do pós-teste de concepções e de atitude, com a finalidade de coletar um indício de uma aceitação mais acomodada da concepção newtoniana a respeito do movimento dos corpos e uma atitude mais favorável ao ensino de Física.

6. Observações

Após os questionários finalização das avaliações no *MOODLE* e no Sistema Geral de Ensino com a Nota da Oficina sendo considerada uma Avaliação Parcial (AP).

APÊNDICE B - PRODUTO EDUCACIONAL

GLAUCO SALOMÃO FERREIRA RIBAS

**UMA PROPOSTA PARA MOTIVAR O ALUNO A APRENDER MECÂNICA NO
ENSINO MÉDIO – ABORDAGEM COM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E
COMUNICAÇÃO**

Apresentação

Caro Professor,

Este produto educacional está direcionado aquele docente que visa sempre reformular suas aulas, trazendo situações do mundo vivencial de seus alunos e incluindo no estudo dessas situações os recursos de tecnologias da informação e comunicação (TICs) disponíveis. Através de uma metodologia ausubeliana e uma visão de Ciência baseada na epistemologia de Mario Bunge, foram estruturadas algumas sugestões de atividades e tarefas a serem desenvolvidas em oito episódios de ensino com o objetivo geral de proporcionar um ambiente favorável a aprendizagem significativa.

Cabe ressaltar que o foco do trabalho é tratar do ensino de mecânica, concentrando as aulas no tópico tradicionalmente chamado de movimento de projéteis, porém trazendo os esportes para a sala de aula, além de inserir o computador e o smartphone como ferramentas de ensino-aprendizagem. Recomenda-se a aplicação deste planejamento logo após a introdução de alguns conceitos de cinemática iniciais e operações com vetores.

Também é importante dizer que os *softwares Calc, Tracker e Modellus* foram escolhidos para utilização nas atividades computacionais por serem gratuitos, mais populares e, é claro, com bom direcionamento à Física. A implementação das TICs visa principalmente mergulhar o discente no estudo de Física sem fazê-lo abandonar o seu cotidiano onde elas estão sempre incluídas.

Portanto a motivação em aprender Física deve estar muito próxima de nossos alunos e com isso melhorar a qualidade do ensino de Ciências cuja representação talvez mais importante é de responsabilidade dos professores de Física.

Referenciais Teórico e Epistemológico

Teoria de David Paul Ausubel

A metodologia de ensino, como já discorrido na dissertação que deu origem a este trabalho, apoia-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel e, por consequência, através de atividades orientadas contribuir com o professor na identificação do que o seu aluno já sabe para então, ensiná-lo de uma forma coerente com essa informação (apud MOREIRA, 2014). Tudo isso para que a aprendizagem do aluno, resultado final do trabalho de um professor, seja preponderantemente significativa.

A aprendizagem significativa deve ser sempre nosso objetivo, porém, por vários fatores, muitas vezes nosso discente não aprende de forma a relacionar a nova informação àquele conhecimento previamente organizado na sua estrutura cognitiva, tornando sua aprendizagem mais caracterizada como um mero armazenamento de informação.

Segundo Ausubel (2003), existem duas condições a serem satisfeitas para que ocorra uma aprendizagem significativa: o aluno precisa estar predisposto a aprender e o que vai ser ensinado deve ser potencialmente significativo. Considerando isso, o destaque para o uso das diversas tecnologias da informação e comunicação anteriormente enumeradas se justifica, por que o aluno atual está imerso em um mundo digital, tem sede de uso cada vez maior de várias novidades no campo tecnológico e, conforme já exposto nos capítulos 2 e 6 da dissertação referência de nosso trabalho, demonstra maior interesse e motivação em aprender Física quando o professor inova sua aula com o uso do computadores, *internet*, *smartphones* e novos programas.

O conhecimento novo tem que se relacionar de forma não-arbitrária e não-literal com àquilo que o aluno traz em sua estrutura cognitiva, portanto em várias atividades previstas na proposta que é sugerida aqui também se observa o modo com que essa informação deve ser exposta ao aprendiz, trazendo a realidade do mundo vivencial dele para o estudo em sala de aula e diminuindo a formalização matemática excessiva em prol de primeiramente uma explicação mais geral e clara na forma conceitual (HEWITT, 2002). Aliás, a Física muito matematizada e abstrata, sem a clara ligação dos conceitos físicos contextualizados em uma situação real com essa formalização, somente colabora com a falta de interesse e de valoração inadequada ao que se estuda.

Portanto, como uma forma de facilitar uma ligação mais clara do discente entre o conhecimento a ser ensinado e a realidade dele, este trabalho apresenta situações esportivas que envolvam lançamentos com bolas de vôlei, basquete e até de futebol, para alcançar na

atitude dos alunos uma melhor predisposição em aprender Física, além, conseqüentemente, da própria aprendizagem significativa.

A modelagem computacional no Ensino de Física

O uso da modelagem computacional no ensino de Física pode ajudar o professor a fazer seus alunos abandonarem visões ingênuas do senso comum sobre os fenômenos físicos, dando respostas que não seriam facilmente alcançadas sem essa aplicação. Tratar diretamente com dados reais propicia ao aluno perceber que as curvas previstas pelas equações adotadas não são tão perfeitas, ou seja, que em outro instante uma determinada grandeza pode ter um comportamento inesperado, diferente do previsto pela equação original. Isso é o que acontece quando tentamos descrever o movimento de uma bola em um tiro de meta realizado por um goleiro de uma equipe de futebol ou em qualquer outro chute executado com uma velocidade inicial mínima.

Tradicionalmente, no ensino médio, são tratadas situações muito idealizadas, as quais distanciam nosso aluno daquilo que ele percebe da realidade. Por isso pode estar nesse tipo abordagem a falta de uma predisposição em aprender Física por parte do discente. Em contrapartida, trazendo situações do cotidiano de nosso público, com um tratamento computacional para os cálculos, há uma aproximação maior do ensino de Física ao que o discente percebe como realidade, encarando certos obstáculos matemáticos com uma abordagem menos formal, mas elucidativa para o aluno da educação básica.

Assim sendo, aquelas simplificações e idealizações de corpos ou de fenômenos físicos, como o movimento de partículas ou de um pêndulo simples, podem ser consideradas exemplos de modelos, ou seja, trata-se de algo fruto da criatividade humana e também da intenção de aproximar o teórico ao empírico. Com essa perspectiva, Mario Bunge define claramente uma instância mediadora: a modelização. O processo de modelização distingue as teorias gerais, que dizem respeito a classes inteiras de fatos e por si só são impotentes para resolução de problemas, dos objetos-modelo, que se constituem em imagens conceituais dos elementos de um sistema real que se deseja interpretar através de uma teoria geral (PIETROCOLA, 1999), e, ainda, das teorias específicas, que são resultado da aplicação do objeto-modelo em uma teoria geral.

Mario Bunge é um dos responsáveis por uma visão de Ciência mais realista e racional, destacando-a como uma construção humana de conhecimento que pode ser

verificável, corrigível e, por consequência, mutável. “O objetivo da Ciência não é a acumulação de fatos, mas sim sua compreensão e esta só é possível aventurando e construindo hipóteses” (MOREIRA; MASSONI, 2011, p. 159).

Os modelos teóricos ou teorias específicas se diferenciam das teorias gerais, pois em primeiro lugar são construídos a partir de um exercício de idealização e simplificação de um fato real específico, o que dá origem a um objeto-modelo ou modelo conceitual, para depois ser sustentado por uma teoria geral. Geralmente, um modelo teórico é representado por uma formalização matemática.

O modelo conceitual pode ser descrito por uma relação de idealizações da realidade, aproximações de alguns parâmetros e de referentes reais⁹ que influenciam o fenômeno natural, deixando a representação do sistema físico estudado muito simplificada em comparação com o real. Uma das limitações definidas em um modelo conceitual se trata dos referentes reais considerados, pois eles são os participantes da interação que influenciam o fenômeno físico estudado, como também os parâmetros aproximados ou grandezas desprezadas entre outros fatores.

Aquilo que o aluno entende como a fórmula, no caso de movimento dos corpos seria aquela equação que descreve a posição do sistema físico a cada instante, é o modelo teórico. Em modelagens mais aperfeiçoadas geralmente não se trabalha com a solução da equação diferencial (a fórmula), já que muitas vezes a equação governante do objeto de estudo não possui solução analítica e, por isso, as respostas sobre o comportamento de certas grandezas físicas são obtidas por métodos numéricos, tornando indispensável o uso do computador.

⁹ “Os referentes nada mais são do que os objetos ou eventos reais ou supostos como tais que se pretende modelar e os agentes que interagem com o sistema físico” (BRANDÃO *et al*, 2010, p. 27).

Tecnologias da Informação e Comunicação

Microcomputadores, *Tablets* ou *Laptops*

Apesar de fazer um bom tempo que os microcomputadores invadiram praticamente todas as atividades humanas, como uma ferramenta de aprendizagem na educação básica não houve grande adesão. Pela minha prática e contato com vários professores, percebo muitas vezes que isso não ocorre tão somente pelas suas desvantagens ou limitações, mas também por certa resistência de muitos colegas ao abandono da antiga metodologia. Afinal, ocorre aí uma necessidade de atualização e os antigos cadernos e planejamentos devem ser abandonados ou, pelo menos, adaptados a esse material.

Atualmente, falar em microcomputadores não é só se referir ao chamado *desktop*, o qual, para uso dos alunos em aula, exigiria uma sala com vários deles e especialmente preparada para isso. Por outro lado, existem os *laptops* e *tablets* que possibilitam a sua utilização na mesma sala de aula, onde as aulas tradicionais são ministradas.

A insistência com o uso desses materiais surge do perfil adquirido pelo nosso aluno, quando percebemos o seu contato frequente com a *internet*, redes sociais e uma paixão por jogos de todos os tipos (*video-game* de computadores ou até de *smartphones*).

Mesmo com essa desconexão de nosso aluno com os métodos tradicionais de ensino, ele, em Física, ainda tem que interpretar conceitos, leis e equações físicas, além de compreender e construir gráficos entre outras coisas. Sendo assim, os microcomputadores se encaixam muito bem nessas tarefas sem que se abandonem esses objetivos, pois em vários *softwares* podemos construir e analisar gráficos, bem como aplicar o conhecimento físico aprendido e acrescentando-se a isso é possível aproveitar o envolvimento de nossos alunos com essas tecnologias da informação e comunicação (TICs).

Smartphones

Esse equipamento que originariamente era utilizado apenas para fazer e receber ligações telefônicas, hoje, é para o que menos as pessoas utilizam, pois ele funciona praticamente como um microcomputador móvel, cumprindo quase todas funções de um *desktop* e ainda outras. Contudo o *smartphone* é visto por muitos educadores como algo prejudicial à educação por ser de extrema facilidade se comunicar com as outras pessoas, o que pode causar para as aulas grandes distrações no público-alvo de um professor.

Dizer para o aluno não trazer o seu *smartphone* seria a resposta ao problema da distração e falta de concentração? Parece que não, porque eles trazem mesmo assim e se não o usam ficam pensando em usá-lo durante as aulas! Por que não complementar nossas aulas com esse equipamento riquíssimo em recursos e funções?

Este produto utiliza o *smartphone* dos próprios alunos para realizar fotografias, gravações de vídeos, *uploads* e *downloads*.

MOODLE

O Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (MOODLE) é um *software* livre, de apoio ao processo de ensino-aprendizagem, executado em um ambiente virtual de aprendizagem (AVA). O MOODLE tem uma interface intuitiva para navegação que facilita o gerenciamento do curso. Ele é utilizado em vários países no mundo, sendo que no Brasil possui 5.505 sítios eletrônicos registrados, dentre universidades e escolas de ensino básico.

Uma ferramenta como o MOODLE é priorizada, pois são sugeridas várias atividades através dela, as quais necessitam de um bom gerenciamento e, é claro, da respectiva avaliação. Dessa forma, o MOODLE se torna imprescindível para o desenvolvimento de toda a proposta.

Canal no *Youtube*

Outra TIC utilizada é o próprio *Youtube*, já que ele acaba sendo nosso armazenador de vídeos. Sua utilização se tornou viável e necessária porque o MOODLE não possui uma forma de armazenar grandes arquivos. Isso acontece porque vídeos geralmente ocupam um espaço grande para serem armazenados.

Portanto uma opção ao problema de espaço virtual para armazenar vídeos pode ser a criação de um canal no *Youtube*, muito bem sucedida na aplicação desta proposta, quando foi criado o canal Clube de Física – Mecânica e para ele realizado vários uploads de vídeos.

Uma observação a ser destacada está na publicidade dos vídeos no canal, pois deixo como sugestão que os vídeos sejam postados no canal na modalidade de não listado, o que permite o acesso apenas para aqueles que tiverem acesso ao link, o qual pode ser liberado para os alunos em uma atividade do MOODLE, por exemplo.

Softwares

Esta proposta sugere várias atividades que incluem tarefas para os alunos, utilizando três *softwares*: *Calc*, *Tracker* e *Modellus*. A ideia de trabalhar com eles principalmente surgiu por serem gratuitos e de fácil manuseio.

A planilha eletrônica *Calc* é um dos programas que acompanham o pacote *Libreoffice* e tem muita semelhança com a planilha eletrônica muito famosa da *Microsoft*, o *Excel*, em disponibilidade de recursos e até da forma como utilizá-los. Isso foi preponderante para escolha desse programa para realizar análise de dados, construção de gráficos e obtenção de dados por meio de equações. O pacote *Libreoffice* pode ter seu download realizado no seguinte endereço: <https://pt-br.libreoffice.org/baixar/libreoffice-novo>.

O *software Tracker* é uma ferramenta para vídeo-análise e tem um papel essencial, pois a ideia de trazer a realidade do aluno mais próxima de nosso estudo passa pelos vídeos gravados em alguns encontros para depois serem analisados dentro desse programa. Portanto é através desse *software* que se torna possível a coleta de dados experimentais, para verificarmos a adequabilidade de nossos modelos as situações propostas nas atividades. Este programa pode ter seu *download* realizado no seguinte endereço: <http://physlets.org/tracker>.

Por fim, o *software Modellus*, o qual está no ápice da proposta com a finalidade principal de aperfeiçoar o modelo teórico tradicional muito idealizado, para que, em situações mais evidentes de discrepâncias dos dados coletados pelo *Tracker*, seja possível responder certas questões de trabalho em um movimento mais realista. A versão do *software Modellus* utilizada nesta proposta pode ter seu *download* realizado no seguinte endereço: <http://modellus-x.software.informer.com/download>.

Episódios de Ensino

Esta proposta é constituída por atividades em que o discente em sala de aula utiliza computadores e alguns *softwares*, além realizar atividades práticas com bolas de esporte e seu *smartphones* para gravação de vídeos fora do ambiente da sala de aula. Sugerem-se oito encontros de duas horas-aula, para que se finalize a descrição do movimento em geral e inicie-se o estudo das causas do movimento, aplicando esse estudo ao mundo vivencial dos alunos.

Alguns conceitos como o de referencial, posição, deslocamento, velocidade, aceleração são pré-requisitos para esta proposta ser desenvolvida tanto em uma descrição escalar, quanto vetorial. Como uma forma de organizar esse desenvolvimento a seguir é apresentado o quadro 1 com a relação de tarefas com a respectiva descrição, assunto e recursos, incluídos nos correspondentes encontros de ensino.

Quadro 1 - Tarefas para os alunos durante os encontros de ensino, exceto as com observações para realização em casa.

Encontro	Tarefas	Descrição	Assunto	Recursos do Software/hardware	Obs
1	1	Questionário sobre força e movimento	Mecânica	-	-
	2	Análise da relação entre dados, utilizando o <i>software Calc</i>	Cinemática	- Inserção de gráfico de dispersão; - Inserção de linha de tendência e equação da curva.	-
	3	Identificação da equação (função) de acordo com análise gráfica, utilizando o <i>software Calc</i>	Cinemática	- Inserção de gráfico de dispersão; - Inserção de linha de tendência e equação da curva.	Tarefa para casa
2	4	Gravação de vídeos com os próprios <i>smartphones</i> de pequenos lançamentos	Cinemática	- filmadora do <i>smartphone</i> . - Postagens de vídeos em canal do <i>Youtube</i> .	-
3	5	Obtendo dados a partir da equação (modelos teóricos).	Cinemática	- Inserção de gráfico de dispersão; - Utilização das funções (fórmulas) do <i>software Calc</i> .	-
4	6	Análise de vídeo com medidas de tempo e posição	Cinemática	- Coleta de dados no <i>software Tracker</i> .	-

5	7	Confronto de dados teóricos e medidas do <i>software Tracker</i>	Cinemática	- Inserção de gráficos nos <i>softwares Calc e Tracker</i> .	-
6	8	Identificação dos Modelos nos movimentos gravados em vídeo e da teoria geral correspondente a esses modelos.	Dinâmica	- Uso da Planilha eletrônica; - Gravação de vídeos no canal do <i>Youtube</i> pelo <i>Windows</i> .	Tarefa para casa
	9	Gravação de vídeos com os próprios smartphones de grandes lançamentos	Dinâmica	- filmadora do <i>smartphone</i> . - Postagens de vídeos em canal do <i>Youtube</i> .	-
7	10	Construção de modelagem no <i>software Modellus</i>	Dinâmica	- Gráficos, equações e animações.	Tarefa para casa -
8	11	Análise exploratória de modelagem construída no <i>software Modellus</i> , que considera o arraste do ar e a rotação do projétil	Dinâmica	- Gráficos, equações e animações.	

Fonte: o autor.

Material para o aluno**TAREFA 1 – CINEMÁTICA****RELAÇÃO ENTRE DADOS**

Abaixo é apresentada uma tabela com dados de duas grandezas indefinidas. Dessa forma, procure uma relação entre esses dados, respondendo as questões a seguir.

Dados	
Grandeza1?	Grandeza2?
0	0
1	10,5
2	21
3	31,5
4	42
5	52,5
6	63
7	73,5
8	84
9	94,5
10	105
11	115,5
12	126

QUESTÕES

- 1) Os dados da tabela acima referentes a cada coluna poderiam se tratar de quais grandezas?
- 2) Existe alguma relação que podemos perceber entre os dados das duas colunas?
- 3) Como poderíamos interpretar melhor a relação entre os dados de cada coluna?

TAREFA 2 – CINEMÁTICA

EQUAÇÃO DOS DADOS

O comportamento de determinada grandeza em relação à outra pode ser completamente compreendido através da função ou equação correspondente. Sendo assim, com os dados de grandezas indefinidas trazidos pela tabela abaixo, faça hipóteses a respeito de suas naturezas, respondendo as questões a seguir.

Dados	
Grandeza1?	Grandeza2?
0	0
2	16
5	25
7	21
9	9
11	-11
15	-75
16	-96
23	-299
28	-504
32	-704
37	-999
41	-1271

QUESTÕES

- 1) Faça um gráfico de dispersão que relaciona os dados acima.
- 2) Em relação aos gráficos trabalhados em aula, como poderíamos enriquecê-lo? O que faltou neles sob o ponto de vista físico?
- 3) Faça os aprimoramentos sugeridos no gráfico enumerados na questão anterior.

TAREFA 3 – CINEMÁTICA

VÍDEOS DE MOVIMENTOS

Essa atividade é composta de algumas ações de sua parte e pelo menos pela parte de um de seus colegas para serem realizadas gravações adequadas com o objetivo de uso junto ao *software Tracker*.

1. Reúnam-se em duplas para que um seja o cinegrafista e o outro o lançador das bolas (basquete, vôlei, futebol e tênis);
2. O cinegrafista deve comandar os lançamentos;
3. O lançador deve realizar lançamentos que em relação à posição de seu cinegrafista tenham direção perpendicular à direção de gravação de seu colega (ver figura 1). Além disso, torna-se mais produtiva a atividade, se os movimentos captados sejam do tipo “queda livre”, semi-parabólico e parabólico.

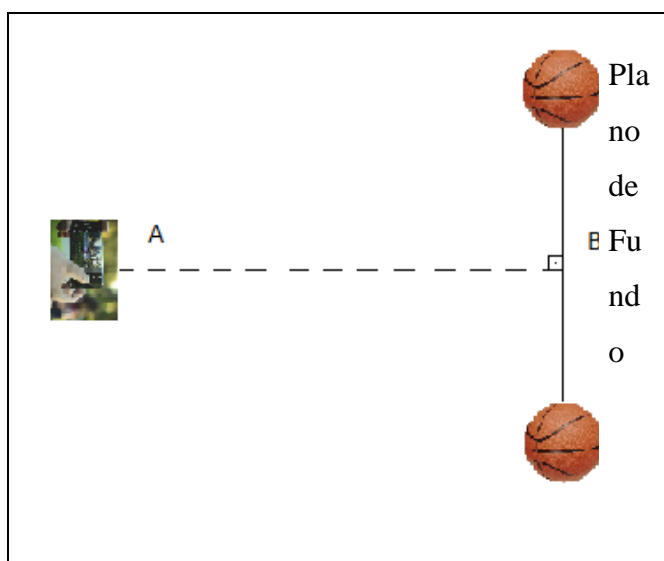


Fig. 1: Mostra a orientação do smartphone em relação ao movimento da bola.

4. Por fim, assim que o vídeo for gravado, você já pode executar o *upload* desse vídeo no canal do *Youtube* Clube de Física – Mecânica.

TAREFA 4 – CINEMÁTICA

OBTENÇÃO DE DADOS A PARTIR DA EQUAÇÃO

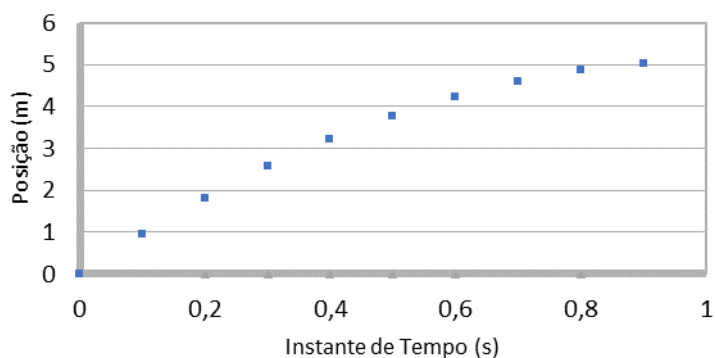
Nesta atividade, pretende-se obter os dados a partir do gráfico e de sua equação correspondente, ou seja, o inverso da atividade anterior. Para isso, é necessário ler e interpretar corretamente a linguagem da planilha eletrônica, além de conhecer alguns atalhos para executar cálculos trabalhosos. Abaixo são apresentadas duas tabelas, a primeira com os parâmetros e condições iniciais da nossa modelagem e a segunda, incompleta, para que justamente utilizando a leitura e interpretação adequada de como os dados das grandezas foram obtidos seja completada. Acrescenta-se, por fim, o gráfico de posição x tempo, considerando apenas os dados constantes inicialmente na tabela. Considerando isso, responda as questões a seguir.

PARÂMETROS OU CONDIÇÕES INICIAIS		
Símbolo	Valor	Unidade
s0	0	m
v0	10	m/s
Th0	0	rad
g	9,8	m/s ²
deltat	0,1	s

Variáveis		
t (s)	s (m)	v (m/s)
0	0	10
0,1	0,951	9,02
0,2	1,804	8,04
0,3	2,559	7,06
0,4	3,216	6,08
0,5	3,775	5,1
0,6	4,236	4,12
0,7	4,599	3,14
0,8	4,864	2,16
0,9	5,031	1,18

t (s)	s (m)	v (m/s)

Gráfico Posição x Tempo



Questões

- 1) Expanda o gráfico posição x tempo até 3 segundos, mantendo os mesmos parâmetros.
- 2) Analisando o gráfico posição x tempo, em qual instante a velocidade muda de sentido? Justifique.
- 3) Construa um gráfico velocidade x tempo até 3 segundos, mantendo os mesmos parâmetros.
- 4) Qual movimento real pode estar sendo descrito nas equações e gráficos? Justifique.

TAREFA 5 – CINEMÁTICA

COLETA DE DADOS ATRAVÉS DE VÍDEO-ANÁLISE

O *software Tracker* é um programa que faz vídeo-análise e que, por isso, é possível a coleta de dados, tais como dados de posição do corpo em movimento, instantes de tempo e outros. Dessa forma, siga as orientações do professor para que, depois de uma sequência de etapas simples, você consiga coletar dados de movimento de situação gravada em vídeo.

Após os passos preliminares com a nova ferramenta de trabalho, escolha um vídeo gravado anteriormente, no canal Clube de Física – Mecânica, para coletar os dados de seu movimento captado.

A figura 2 mostra um vídeo carregado pelo *software Tracker* em sua tela inicial.

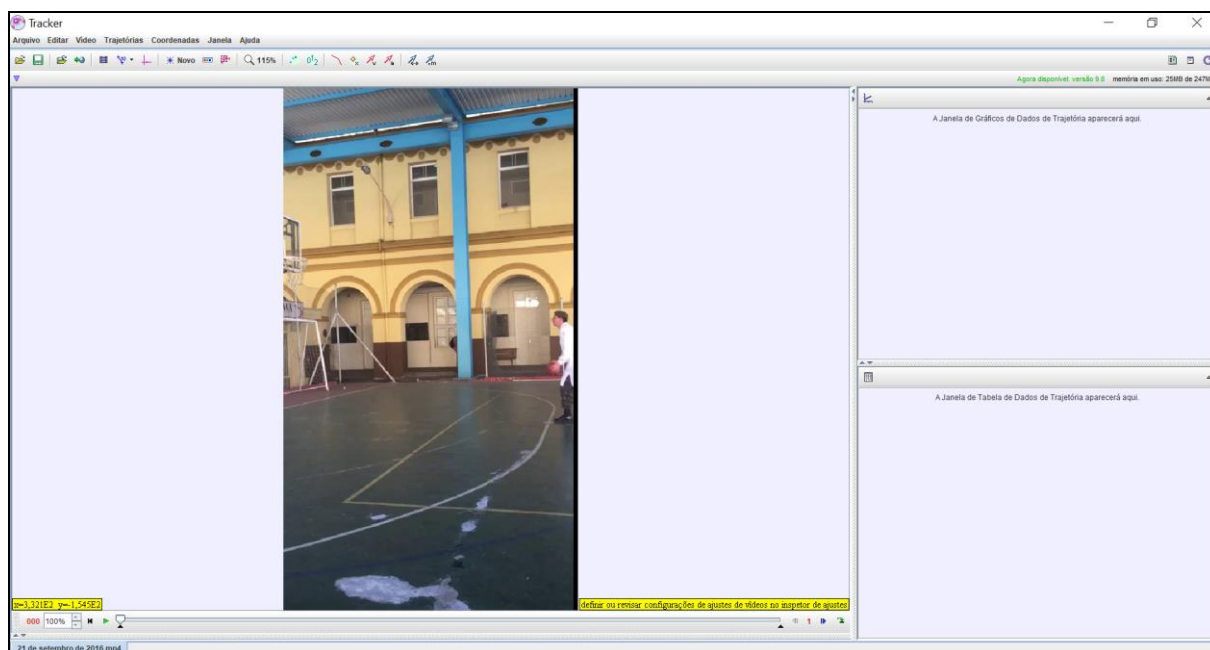


Fig. 2: Mostra a tela do *software Tracker* com um vídeo carregado para vídeo-análise.

3. Construa os gráficos da posição e velocidade contra o tempo dos movimentos horizontal e vertical, para se fazer o confronto entre o experimental e o teórico.

TAREFA 7 – DINÂMICA
MODELAGEM CIENTÍFICA

Nesta tarefa preencha as células da tabela abaixo, com a finalidade de registrar sua compreensão do fazer científico e perceber que a Ciência ou mais especificamente a Física se utiliza de modelos para compreender e explicar a natureza.

	O QUE É? (COM SUAS PALAVRAS)	EXEMPLOS	IMAGEM SE FOR O CASO
TEORIA GERAL			
MODELO CONCEITUAL			
MODELO TEÓRICO			
REALIDADE			

TAREFA 8 – DINÂMICA

VÍDEOS MAIS INTERESSANTES

O objetivo desta atividade é o mesmo da atividade 3, porém agora tentando captar um movimento que sofre mais claramente a ação de outros referentes sobre o sistema físico considerado.

A intenção em um lançamento como esse a ser descrito pelas nossas ferramentas é aumentar o tempo de voo, utilizando-se de um ponto de maior altura possível e seguro, e perceber efeitos sensíveis causados pelo arraste do ar e pela rotação da bola. Logo a função do lançador ficou mais complexa e de maior responsabilidade e por isso o lançamento ficará sob a coordenação direta do professor.

Prepare seu *smartphone* e grave vários vídeos dos lançamentos coordenados pelo professor, não se esquecendo das mesmas orientações já mencionadas na atividade 3. Abaixo a figura 3 apresenta uma sugestão de um lançamento de uma bola de vôlei realizado a uma altura de aproximadamente 20 metros e 2 segundos de queda.



Fig. 3: Mostra uma sugestão de lançamento com o lançador posicionado com uma bola de vôlei a uma altura de 20 metros aproximadamente.

TAREFA 9 – DINÂMICA

MODELAGEM NO SOFTWARE MODELLUS

O *software Modellus* pode fazer todos os trabalhos a respeito de modelagem que já fizemos até este momento. Além disso, ele possui recursos que reúnem ao mesmo tempo todos já utilizados. Por exemplo, com ele é possível obter gráficos que relacionam duas grandezas físicas, tabelas com dados calculados pelo programa, possibilidade de implementar ou até adaptar sua compreensão matemática e física sobre certo fenômeno natural. Ressalta-se ainda que ele é uma ferramenta também visual pois podem ser criadas animações que operam de acordo com o modelo teórico informado ou equação que governa o fenômeno, além dos parâmetros e condições iniciais adequadas para a situação estudada.

Portanto, com as orientações do professor a respeito de como utilizar o *Modellus*, desenvolva as tarefas a seguir passo a passo.

1ª tarefa – Implementar uma modelagem que segue os modelos teóricos trabalhados com os *softwares Calc e Tracker*, isto é, aquela modelagem em que consideramos apenas um referente ao nosso sistema físico influenciando o seu movimento. Dessa forma, o *Modellus* apenas aplicará os parâmetros no modelo.

2ª tarefa – Implementar uma modelagem que considera o mesmo referente da tarefa anterior, porém desta vez o programa não necessitará apenas de parâmetros já que usaremos o método numérico que o *Modellus* pode usar para resolver uma equação diferencial.

Na figura 4 aparece a imagem da tela inicial de nosso programa para ilustrá-lo.

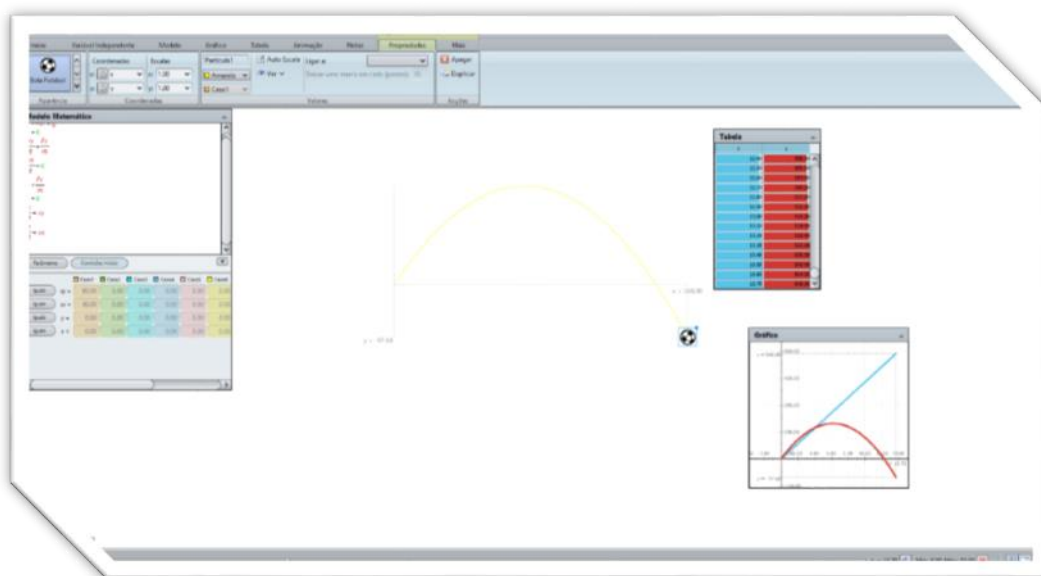


Fig. 4: Mostra a tela inicial do software *Modellus* com as janelas modelo matemático, tabela e gráfico abertos, além de uma bola de futebol como representação do corpo animado.

TAREFA 10 – DINÂMICA

MODELAGEM EXPLORATÓRIA NO SOFTWARE MODELLUS

Nesta atividade, tendo em vista a construção de um modelo conceitual para o movimento de um corpo (uma bola de futebol por exemplo) que tem como referentes a Terra, o ar e a rotação da bola imersa no ar, o modelo teórico correspondente só pode ser alcançado através de uma solução numérica da equação que governa esse movimento. Sendo assim, nossa ferramenta de trabalho mais recente, o *software Modellus*, fará esse cálculo de forma semelhante ao discutido em aula anterior (solução numérica).

As modelagens desenvolvidas até agora não explicam o que pouco claramente aparece nos dados de movimentos como um arremesso de lance livre no basquete, de acordo com aquilo que foi trabalhado na tarefa 6. Todavia em lançamentos como o proposto na atividade 8 os dados apresentam um comportamento muito sensível nas direções dos eixos y e z, não previsto pelo modelo teórico que considera apenas a Terra interagindo gravitacionalmente com as bolas lançadas. Da forma como as bolas foram lançadas só se espera um movimento acelerado na direção vertical (eixo z), já que a Terra atrai a bola ao solo verticalmente, mas pode ser incluído outra influência sobre a bola, a qual atenuaria um pouco a intensidade de aceleração da bola. A força de arrasto do ar cumpre essa função porque aponta em sentido contrário ao da velocidade adquirida pelo sistema físico em relação ao ar. Por isso no *software Tracker* é possível perceber a bola ligeiramente atrasada em relação ao modelo teórico na direção vertical.

Porém ainda resta explicar o comportamento na direção do eixo y e o ar já está incluído em uma modelagem que insere a força de arrasto, então fica uma questão, qual outro referente poderíamos considerar para interagir com o sistema físico e causar uma aceleração na direção do eixo y? A resposta a essa pergunta se encontra em uma característica muito presente nos movimentos com bolas, mas geralmente omitida nos estudos sobre o movimento. Este efeito está associado à rotação da bola.

Abaixo é apresentada uma tabela com valores de velocidades na direção dos 3 eixos cartesianos (x, y e z), considerando a composição desses valores sempre com o mesmo módulo para a velocidade resultante, indicado na primeira linha da tabela 1. Isso se faz necessário, pois o objetivo da tarefa é, com um mesmo valor de velocidade, **verificar o ângulo em que o lançamento simulado pelo programa atinge o maior alcance**, utilizando a modelagem disponibilizada no *software Modellus* juntamente com a tabela 1 para controlar o

ajuste necessário do módulo de velocidade de inicial, nas diversas possibilidades de lançamento a ângulos constantes na primeira coluna da referida tabela.

O maior alcance de um lançamento se consegue a 45°? Mito ou verdade?

Tabela 1 – Dados de valor de velocidade inicial e suas componentes em diversos ângulos (menores) dessa mesma velocidade com a horizontal (ângulo 1) e da projeção dela no plano horizontal com o eixo x.

Valor de Velocidade Inicial	35 m/s				
Ângulo 1 (graus)	Ângulo 2 (graus)	v_x (m/s)	v_y (m/s)	v_z (m/s)	
15	0	0	33,8	9,1	
16	0	0	33,6	9,6	
17	0	0	33,5	10,2	
18	0	0	33,3	10,8	
19	0	0	33,1	11,4	
20	0	0	32,9	12,0	
25	0	0	31,7	14,8	
30	0	0	30,3	17,5	
35	0	0	28,7	20,1	
40	0	0	26,8	22,5	
45	0	0	24,7	24,7	
50	0	0	22,5	26,8	
55	0	0	20,1	28,7	
65	0	0	17,5	30,3	
70	0	0	14,8	31,7	
75	0	0	12,0	32,9	
80	0	0	9,1	33,8	

GUIA DO PROFESSOR PARAS AS ATIVIDADES DA PROPOSTA

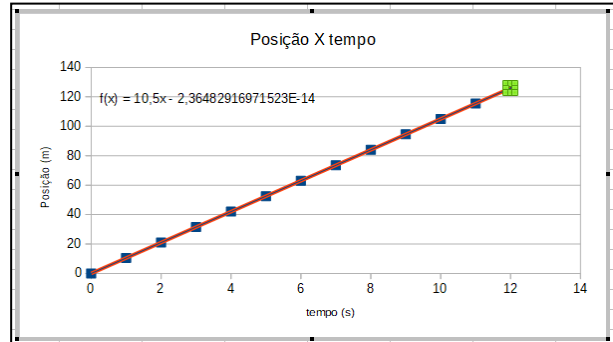
Este material não visa esgotar todos os recursos dos *softwares* trabalhados, mas apenas dar uma direção clara e mais direta para as suas aplicações no ensino de mecânica. Também não se pode esquecer do aporte teórico que é trabalhado tanto na busca de uma aprendizagem mais significativa quanto em uma exposição sobre Ciência e como ela é feita, tornando a visão de nosso aluno menos ingênua, mais realista e ao mesmo tempo mais próxima dele, no sentido de que haja a percepção desse estudo em situações de seu contexto de vida. Portanto, a partir deste ponto, seguem orientações para cada atividade sugerida na proposta, a qual envolve o movimento em geral, embora, em situações práticas, seja trazido o esporte nos arremessos de bolas de basquete e vôlei especificamente.

Orientação para atividades com o *software Calc*

Nas tarefas solicitadas, com o uso do *software Calc*, a ideia central é fazer com que os alunos confeccionem gráficos a partir de duas séries de dados, os quais inicialmente são informados pelo professor aos alunos e posteriormente podem ser coletados por eles mesmos. Além disso, a interpretação dos gráficos construídos, bem como o reconhecimento de outras variáveis implícitas na relação gráfica é essencial nestas atividades.

Porém de nada adianta ao aluno construir um gráfico que mostra a relação que existe entre duas grandezas, se não houver o devido dimensionamento delas para ocorrer uma interpretação clara. Esse é um dos objetivos específicos da primeira e segunda atividade, dando condições para que o aprendiz perceba a necessidade de incluir no estudo do movimento as unidades das grandezas, além, é claro, de ele interpretar a relação adequada entre as grandezas, utilizando para isso o *software Calc* que fornece recursos facilitadores desse trabalho. A figura 5 apresenta uma tabela com duas séries de dados, o gráfico de dispersão que representa os dados e finalmente os recursos para a escolha de uma linha tendência com as diversas possibilidades de funções de ajustamento.

CINEMÁTICA – RELAÇÃO ENTRE DADOS	
Dados	
Grandeza1?	Grandeza2?
0	0
1	10,5
2	21
3	31,5
4	42
5	52,5
6	63
7	73,5
8	84
9	94,5
10	105
11	115,5
12	126



Linha de tendência para a série de dados 'Coluna B' ✕

Tipo Linha

Tipo de regressão

Linear
 Polinomial

Logarítmica
 Média móvel

Exponencial
 Média móvel

Geométrica
 Média móvel

Grau

Período

Opções

Nome da linha de tendência

Extrapolar para frente

Extrapolar para trás

Forçar a interceptação

Mostrar equação

Mostrar coeficiente de determinação (R^2)

Fig. 5: Mostra uma tabela de duas séries de dados, o gráfico correspondente e os recursos do software Calc para inserir uma linha de tendência e a equação respectiva à linha de tendência.

Uma forma de acesso ao recurso de inserção de linha de tendência e equação é clicar com o botão direito do mouse em cima de um dos pontos do gráfico, em seguida abrirá uma aba que mostrará em seus menus as opções referentes a esses dois recursos.

A quarta atividade deixa para o aluno a possibilidade de modificar parâmetros e inserir fórmulas no *software Calc*, para que o gráfico já preliminarmente construído seja alterado até o ponto desejado. Com isso o aluno pode perceber a influência que um parâmetro, como o módulo da aceleração da gravidade, tem no comportamento da variação de posição de um corpo, por exemplo, modificando-a ou mantendo-a nula.

Uma forma muito natural para inserir fórmulas nas células quando se necessita criá-las por não aparecerem em nenhuma parte da planilha, é primeiramente digitar, após selecionar a célula com o mouse, a tecla =. Depois disso considerar a localização de cada dado na planilha para operá-lo de acordo com a fórmula a ser aplicada na célula selecionada. A figura 6 exemplifica com o valor da aceleração gravitacional g posicionado na célula B6. A lembrança de alguns símbolos é essencial: * é o operador multiplicação, ^ é o símbolo que se utiliza para elevar algum número a desejada potência. Parênteses devem ser usados, principalmente quando existem vários operadores e funções do software na fórmula, sendo o símbolo \$ usado para fixar a operação em uma linha, coluna ou mesmo uma célula específica em situações que precisamos arrastar a fórmula para células subsequentes. A figura 6 apresenta o exemplo utilizado na tabela de dados da quarta atividade.

		A	B	C	D	E
1		PARÂMETROS OU CONDIÇÕES INICIAIS				
2		Símbolo	Valor	Unidade		
3		s0	0	m		
4		v0	10	m/s		
5		Th0	0	rad		
6		g	9,8	m/s^2		
7		deltat	0,1	s		
8						
9		Variáveis			Equações	$s=s_0+v_0*t-(g*t^2)/2$
10		t (s)	s (m)	v (m/s)		$v=v_0-g*t$
11		0	0	10		
12		0,1	0,951	9,02		
13		0,2	1,804	8,04		
14		0,3	2,559	7,06		
15		0,4	3,216	6,08		
16		0,5	3,775	5,1		
17		0,6	4,236	4,12		
18		0,7	4,599	3,14		
19		0,8	4,864	2,16		
20		0,9	5,031	1,18		

Fig. 6: Mostra a célula B20 selecionada com um valor numérico, mas na barra de fórmulas aparece a equação aplicada na célula.

Orientação para atividades de gravações de vídeos

O objetivo destas atividades é gravar vários vídeos e postá-los no canal da turma no *Youtube*. No entanto existe um objetivo posterior a esse mencionado, que justamente deve ser atendido para as próximas atividades, tratando da coleta de dados de tempo, posição e velocidade. Assim para as filmagens dos movimentos das bolas lançadas, o professor deve orientar os alunos para que eles tomem alguns cuidados ao realizar essas tarefas com os próprios *smartphones*:

1. Escolher o melhor posicionamento para a filmagem, o qual, em se tratando de uma gravação de vídeo a ser aproveitada pelo *software Tracker*, ocorre se o ângulo entre a linha imaginária que liga o aparelho de gravação à linha que define uma direção principal ao movimento captado for de 90° (vide figura 1);

2. Realizar o procedimento de filmagem de forma coordenada com o lançador das bolas para captar todo o movimento;

3. De preferência, apoiar o *smartphone* ou câmera em uma mesa ou tripé. Caso isto não seja possível, segurar o aparelho com estabilidade propicia resultados satisfatórios;

4. O plano de fundo da filmagem também é importante para facilitar o posicionamento a cada instante do corpo em movimento no momento da vídeo-análise. Dessa forma, a gravação do vídeo deve ser orientada com um plano de fundo homogêneo que destaque o corpo em movimento;

5. Por fim, na gravação, deve aparecer algum objeto ou marcação próxima do corpo em movimento possível de ser medida ou com medição padronizada para calibração do *software Tracker*.

Orientação para atividades com o *software Tracker*

O *software Tracker*, conforme já apresentado em capítulo anterior, é um programa de vídeo-análise que servir como nosso instrumento de várias medidas. Entretanto algumas etapas antecedem a obtenção de uma tabela com os dados desejados.

Primeiramente, vamos entender como é feito um vídeo, mesmo que seja por uma filmadora de *smartphone*. O vídeo é formado por uma sequência de *frames* e o intervalo de cada *frame* pode variar, dependendo do formato do arquivo de vídeo. Em vídeos mp4 (formato mais comum entre vídeos gravados por *smartphone*) o intervalo é de 0,034 segundos. Os frames são entendidos como uma sequência de várias fotografias que são apresentadas a cada intervalo de tempo de 0,034 segundos no caso das gravações apresentadas na figura 7.



Fig. 7: Mostra 3 frames em sequência da esquerda para direita de um arremesso de lance com uma bola de basquete.

Entendida essa parte agora pode ficar claro como se manipula o vídeo com a ajuda do *software Tracker*. Sendo assim siga os seguintes passos:

1. Abra o *software Tracker* na área de trabalho de seu computador. A tela que irá abrir esta apresentada na figura 8.

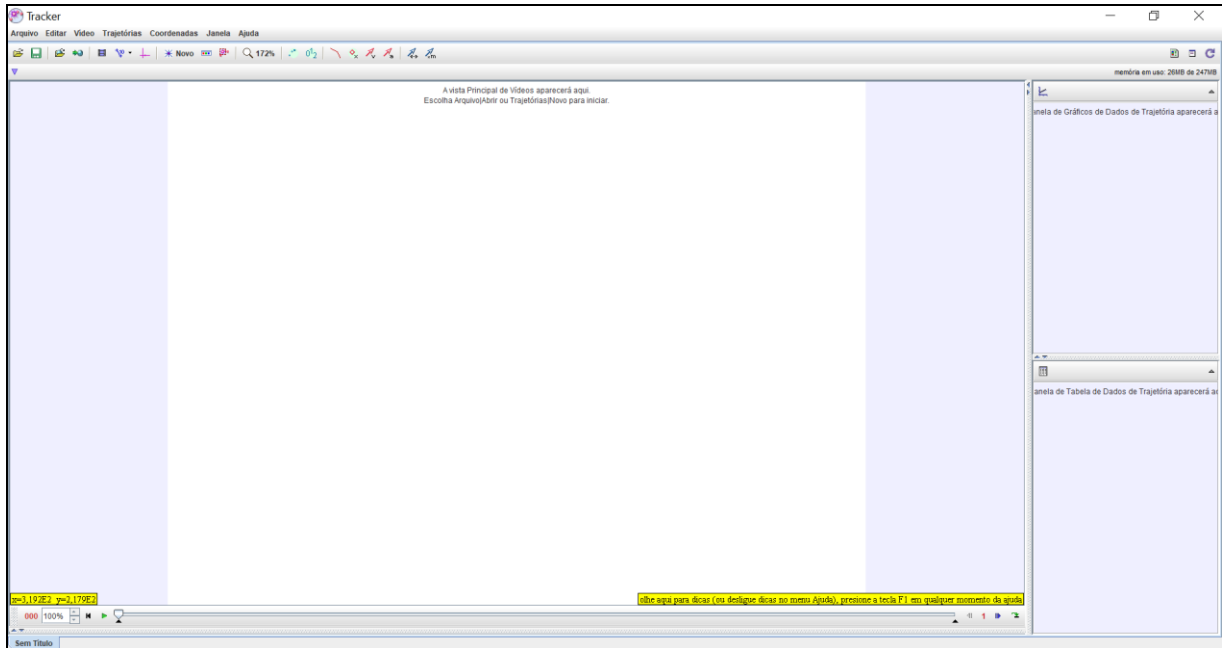


Fig. 8: Mostra a tela inicial do *software Tracker*.

2. O próximo passo é abrir o vídeo gravado na tarefa anterior. Assim clique no botão abrir, selecione o vídeo de seu interesse e clique em abrir. O vídeo estará no centro da tela anterior conforme a figura 9 .

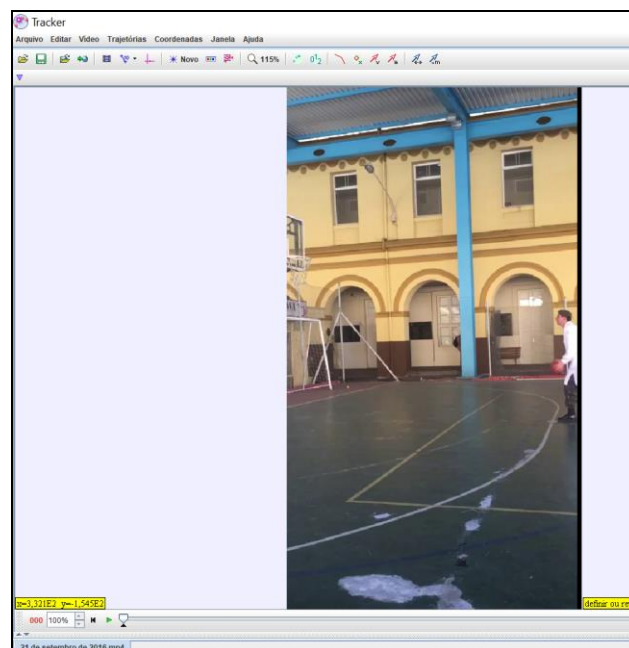


Fig. 9: Mostra em destaque o botão que permite o carregamento do vídeo para análise e a janela onde esse vídeo é selecionado.

3. Agora se deve definir o intervalo de interesse do vídeo. Dessa forma, abaixo utilize o inspetor de ajustes, verificando o frame inicial e o final do movimento que se quer analisar.

4. A seguir deve-se calibrar a medição que o software irá fazer. Para isso, um objeto ou alguma medida padronizada no vídeo deve ser identificada. Então clique no botão fita métrica com transferidor e escolha o calibrador mais adequado de acordo com a medida que

você tem interesse em fazer. Ele aparecerá em azul na tela e será necessário, nas lacunas de comprimento e de ângulo, que surgem após a escolha do bastão de calibração, por exemplo, colocar as medidas conhecidas;

5. Neste momento, temos que definir para o software um referencial ou um sistema de referência, para que ele possa interpretar determinada medida de acordo com esse sistema. Dessa forma, clique no botão Mostrar/Ocultar eixo de coordenadas. Será apresentado um eixo de coordenadas x e y, na cor rosa.

6. Por fim, temos que para cada instante (intervalo de tempo entre cada frame) em que o sistema físico se movimenta, definir em relação à origem do eixo de coordenadas uma posição. Portanto, deve ser localizado para o software onde o sistema está a cada frame. Dessa forma, clique no botão *Novo, abrindo assim uma aba na qual deve ser escolhida a opção ponto de massa, fazendo abrir a janela Trajetória Automática: massa A. Logo após isso, segurando as teclas Ctrl e Shift e posicionando o mouse exatamente sobre o sistema físico que se movimenta, o *software Tracker* tem a capacidade de reconhecer o que se movimenta.

7. Havendo o mencionado reconhecimento do sistema físico basta clicar no botão da janela aberta, pesquisar o próximo e inspecionar se está havendo o reconhecimento do mesmo corpo se movimentando. Em caso negativo, eliminar esse ponto no botão Delete e clicar manualmente no corpo segurando Ctrl+Shift, mantendo esse procedimento sempre que necessário repetindo a operação do primeiro até o último frame da trajetória.

Ao final, quando todos pontos estão localizados, será visto automaticamente na tela à direita o gráfico posição versus tempo (automaticamente x versus t, podendo serem acrescentados outros gráficos) e também a tabela de dados de posição e tempo (automaticamente dados de tempo, posição horizontal e vertical).

Orientação às tarefas 6 e 7

Na tarefa da atividade 6, a ideia central se encontra na identificação por parte do aluno da sempre presente discrepância dos dados experimentais em relação aos dados esperados ou teóricos. Uma boa explicação inicial para isso é a incerteza que acomete qualquer medida. Contudo, se os dados experimentais foram bem coletados e a discrepância foi muito sensível, essa explicação não é boa. Portanto podem surgir nessas situações, a exemplo daquela apresentada no arremesso da bola de basquete à cesta, conforme figura 10, a necessidade de um aprimoramento no modelo teórico utilizado até o momento.



Fig. 10: Mostra o arremesso de lance livre de uma bola de basquete à cesta, como um exemplo de movimento em duas dimensões.

As discrepâncias mais claramente aparecem como um todo em um gráfico da posição ou da velocidade contra o tempo, de acordo com o que foi compreendido nos trabalhos desenvolvidos nas atividades anteriores. Sendo assim, nos dois gráficos (gráficos 1 e 2), há um

exemplo de confronto entre as posições (gráfico 1) e velocidades (gráfico 2) teóricas e experimentais, nas duas direções horizontal (em azul) e vertical (em laranja).

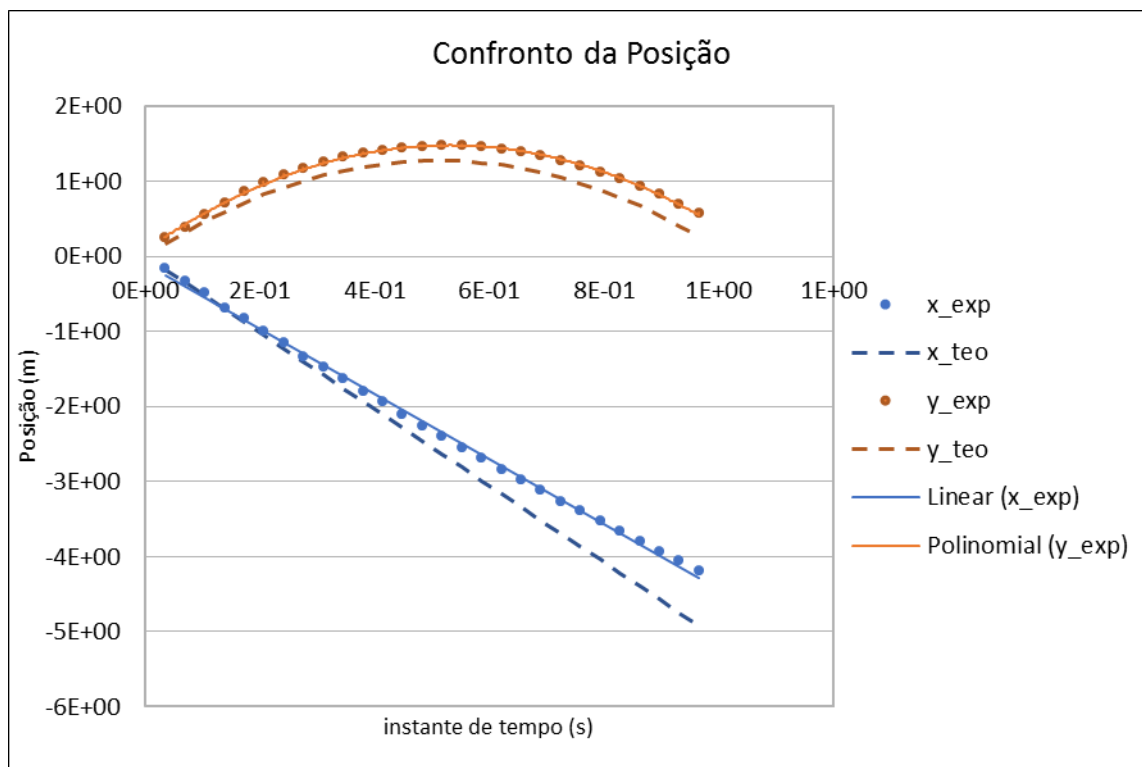


Gráfico 1 – Confronto da Posição experimental e teórica – Fonte: o autor

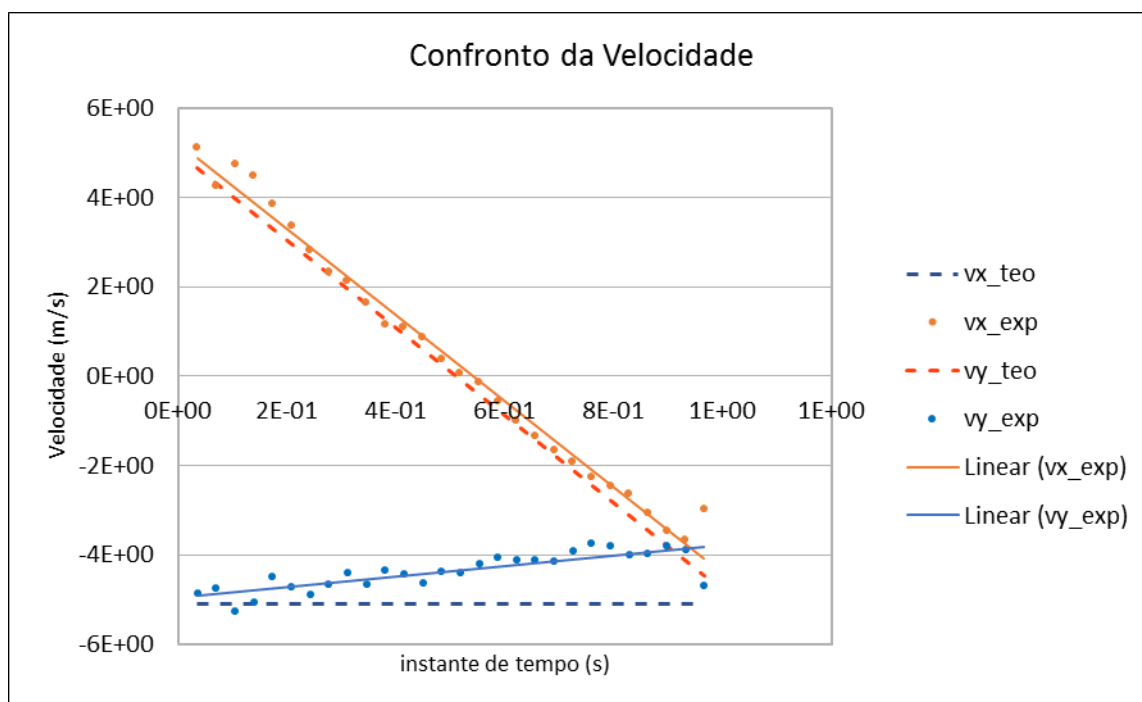


Gráfico 2 – Confronto da velocidade experimental e teórica – Fonte: o autor.

Sugere-se para esta tarefa que se estimule o aluno a identificar outros referentes, além daqueles já considerados no modelo tradicional: a Terra e a bola. No gráfico 2, a velocidade horizontal teórica é constante, porém verificou-se que os dados experimentais indicam uma

pequena variação de velocidade, o que pode ter ocasionado esse resultado? Assim pode tornar-se mais claro para o aprendiz um incremento de referentes ainda não considerados na modelagem inicial. O ar não está considerado na construção de toda a modelagem original e ele pode influenciar nos movimentos dos corpos.

Os resultados da sexta atividade deixam uma abertura para se começar a organizar uma nova forma do aluno compreender a Física ou pelo menos mais especificamente o estudo de mecânica. Por isso na sétima atividade sugere-se que o professor faça pedidos para que o discente identifique vários aspectos e termos da Ciência em geral, bem como da Física trazidos por uma visão bungeana. Assim se pode fazer o aluno compreender a Física estudada na escola de uma forma menos ingênua, além de aproximar seu estudo àquilo que interpreta como realidade. Para Bunge a Mecânica de Newton é o que ele chama de um exemplo de teoria geral, sendo essa entidade idealizada que chamamos de partícula o objeto-modelo ou modelo conceitual e sendo a função ou equação que descreve o movimento dessa partícula o modelo teórico ou teoria específica.

Ressalta-se que como foi dito, o modelo conceitual é uma simplificação que descreve de forma aproximada o sistema físico real, nunca expressando de forma completa a realidade.

A modelagem científica e mesmo a computacional com suas simulações não descrevem um fenômeno perfeitamente. Tratam de algo que não é real mas, até um certo limite de aproximação, tomam em conta alguns referentes e outros são omitidos, descrevendo de maneira incompleta aquilo que é observado. As modelagens tratadas neste trabalho se caracterizam principalmente pelos referentes considerados em cada uma delas.

Orientação para atividades com o *software Modellus*

O *software Modellus* é um programa que permite a construção de modelagens computacionais através de uma linguagem muito semelhante às equações matemáticas e leis físicas, permitindo a utilização de parâmetros e condições iniciais conhecidas, para, como resultado final, animar objetos representados em duas dimensões, além de possibilitar obtenção de dados em tabelas e relações entre grandezas em gráficos. O professor deve introduzir uma prática inicial com o programa, permitindo uma desenvoltura no uso dos alunos por etapas e buscando a utilização de seus recursos mais básicos e diretamente aplicados as tarefas propostas.

Primeiramente, deve-se abrir o *software Modellus* como qualquer outro programa, apresentando a tela inicial, conforme a figura 11. É possível nessa versão do *software Modellus* (*Modellus X 0.4.05*) ter acesso a suas ferramentas e recursos por meio de menus, abertos em abas, as quais trazem um rol de botões, existindo também as janelas com espaços para descrição matemática dos modelos teóricos, gráficos, tabelas e notas, incluídas em um plano de fundo pelo qual se posicionam os objetos ou imagens para a animação.

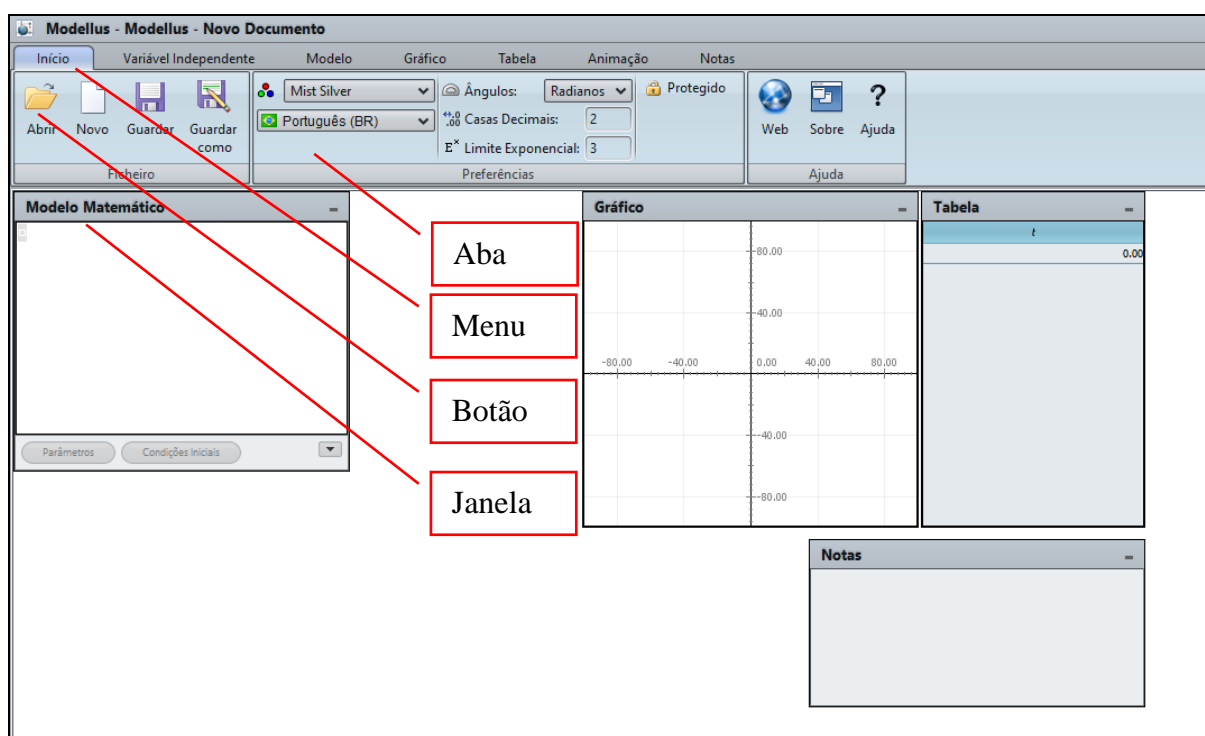


Fig. 11: Mostra a tela do *software Modellus* ao iniciá-lo, destacando seus recursos em menus, botões, abas e janelas.

Na parte superior da figura 11, aparece os menus, que se selecionados, abrem abas. A figura 12 apresenta a aba do menu início. Dos vários ajustes possíveis recomendamos uma

preocupação com as casas decimais para os dados que o programa pode calcular numericamente, como mostra em destaque a figura 12.

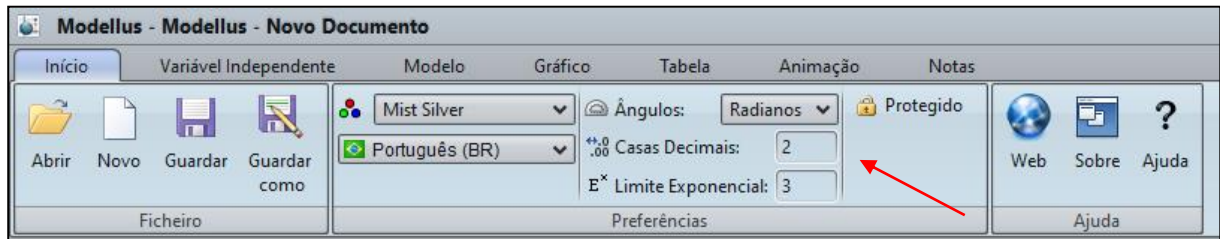


Fig. 12: Mostra a aba Início com seus botões e lacunas de ajustes, como a das casas decimais em destaque.

A variável independente, geralmente o tempo, é muito importante, já que de acordo com o seu ajuste é controlado o tocador da animação e, por isso, a ela é dado algumas possibilidades de ajustes especiais, como o de definir valor mínimo e máximo, além do chamado passo, que é o intervalo de tempo utilizado especificamente para o programa fazer os cálculos instruídos pelo operador, destacado na figura 13 com o valor 0,1 (segundo, pode ser!).

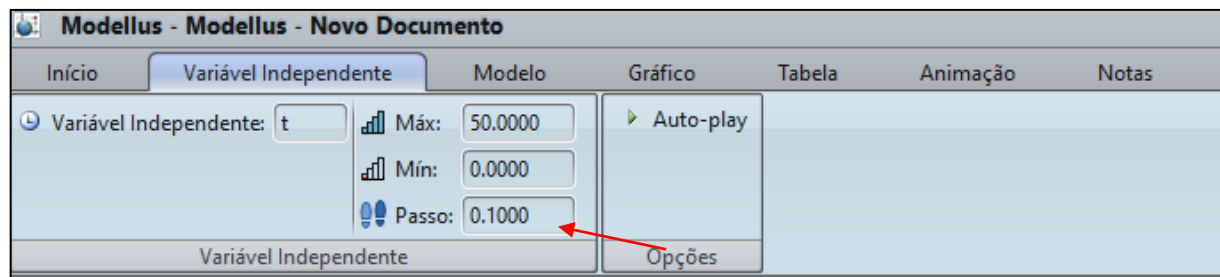


Fig. 13: Mostra a aba Variável Independente com os seus botões de lacunas de ajuste, como a do Passo (destaque superior), e também a seção do tocador da animação (destaque inferior).

O menu seguinte, Modelo (exposto na figura 14), certamente é aquele com o qual será gasto mais tempo de trabalho, pois na aba que se abre ao selecioná-lo é possível inserir na janela modelo matemático as funções pré-definidas, muito importantes para interpretar ou expressar nosso conhecimento a respeito do problema físico a ser modelizado. Destaca-se a função indicada na aba e na janela do modelo, além de outras que podem ser consultadas em Ajuda, no menu Início. Ressalta-se que em funções como a derivada, temos que definir condições iniciais e, no caso do modelo teórico trabalhado como exemplo, as posições iniciais (x e y) e as velocidades iniciais (v_x e v_y) aparecem na Aba Condições Iniciais, devido à modelagem usada como exemplo a partir de uma equação diferencial de 2ª ordem e o fenômeno físico a ser modelizado em duas dimensões. No botão Parâmetros, não se pode esquecer de ajustá-los, pois eles geralmente caracterizam o fenômeno físico e são constantes

definidoras das dimensões de medida das variáveis calculadas pelo programa. Destaca-se ainda que, no *Modellus*, há algumas restrições a certos caracteres e peculiaridades, por exemplo um número com casas decimais não pode aparecer com vírgula e no lugar dela deve ser usado o ponto final. O operador multiplicação pode ser aplicado com o uso de um asterisco (tradicionalmente) ou apertando a tecla do espaço no teclado. Após todo o equacionamento, é necessário que o programa o interprete, o que se faz clicando no botão Interpretar e, logo em seguida, o programa emite uma mensagem em que ocorre a informação de erro (Modelo: contém erros) ou de que tudo está correto (Modelo: ok).

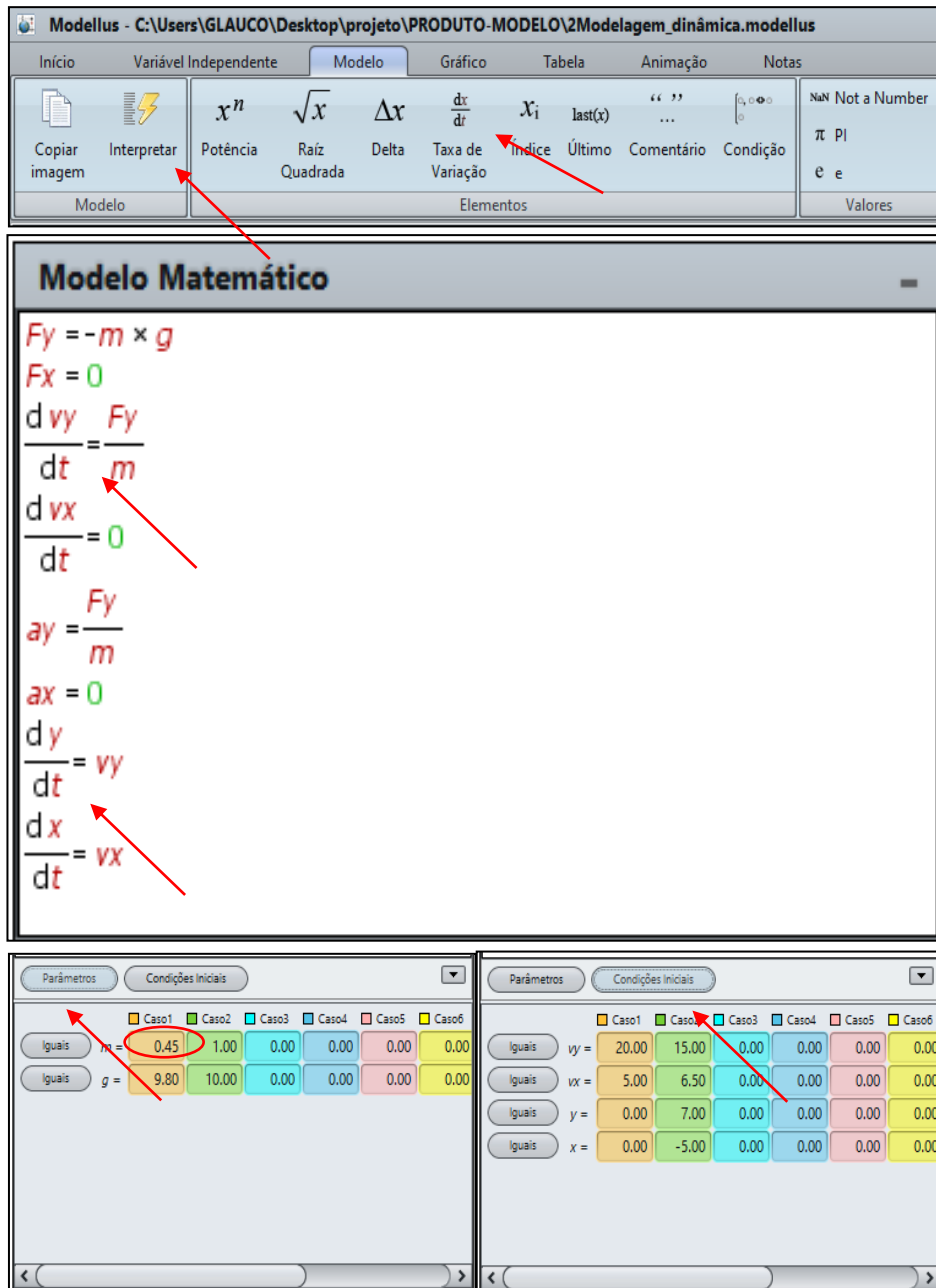


Fig. 14: Mostra a aba Modelo, a janela Modelo Matemático com suas abas Parâmetros e Condições Iniciais.

O *software Modellus* pode dar informações a respeito do comportamento de determinada variável possível de ser medida em um sistema físico quando a solução analítica da modelização é conhecida ou mesmo quando não o é, calculando uma solução numérica. Ambas formas de soluções produzem uma informação aproximada da realidade. Essa aproximação definirá um grau de precisão para a modelagem pelo qual se tem um indicador para aplicação em determinado problema. Em caso de o modelo teórico utilizado não satisfazer a descrição necessária, porque não responde adequadamente as questões-foco que deram origem ao estudo da situação-problema, deve-se aperfeiçoar a modelagem, modificando o modelo conceitual com a inclusão de novos referentes por exemplo.

Nos menus gráficos e tabela apenas é necessário definir as variáveis criadas no modelo matemático para serem relacionadas, conforme os seus valores calculados pelo software. Uma observação importante deve ser feita, pois existe a possibilidade de configurar no modelo matemático vários **Casos** que podem possuir parâmetros e condições iniciais diferentes; porém esses casos não devem ser esquecidos para a configuração esperada nas abas gráficas e tabela. Acrescenta-se ao já exposto, além das próprias janelas gráficas e tabela obtidos do modelo matemático implementado anteriormente, opções muito úteis para o gráfico como ativar a ferramenta Auto escala e para a tabela ativando Barras, tudo destacado na figura 15.

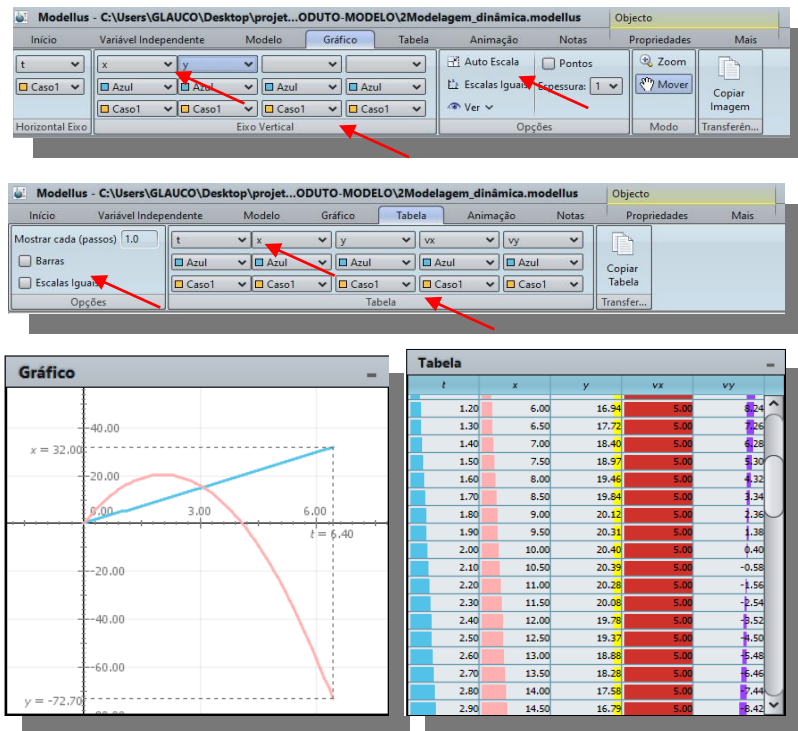


Fig. 15: Mostra o menu Gráfico e Tabela com suas abas abertas com destaque ao ajuste de variáveis e de caso, além do destaque ao botão Auto Escala. Também são apresentadas as respectivas janelas.

Por fim, no menu Animação, encontra-se uma forma de animar objetos virtuais simplesmente com a configuração de suas componentes bidimensionais da grandeza vetorial aplicada, já devidamente calculadas pelas instruções matemáticas interpretadas pelo programa na janela Modelo. Assim sendo, quando se seleciona esse menu aparece a aba correspondente com várias opções, tais como: partícula, vetor e outras.

O uso dos recursos de animação ocorre basicamente clicando no botão desejado, por exemplo, “partícula” e logo após, no plano de fundo da tela, clicando em um ponto que posicionará inicialmente o objeto nesse plano. Ainda será necessário determinar o comportamento do movimento dessa partícula, primeiramente clicando no objeto posicionado no plano de fundo e depois selecionando as variáveis determinantes dos movimentos a serem desenvolvidos nas direções horizontal e vertical da tela. Quando se clica no objeto aparece uma nova aba de um novo menu, Propriedades. Em destaque, está apresentado na figura 16 os vários pontos abordados até este momento no que se refere a animação, além de mostrar a trajetória do movimento parabólico do pássaro pré-definido pelo *Modellus*.

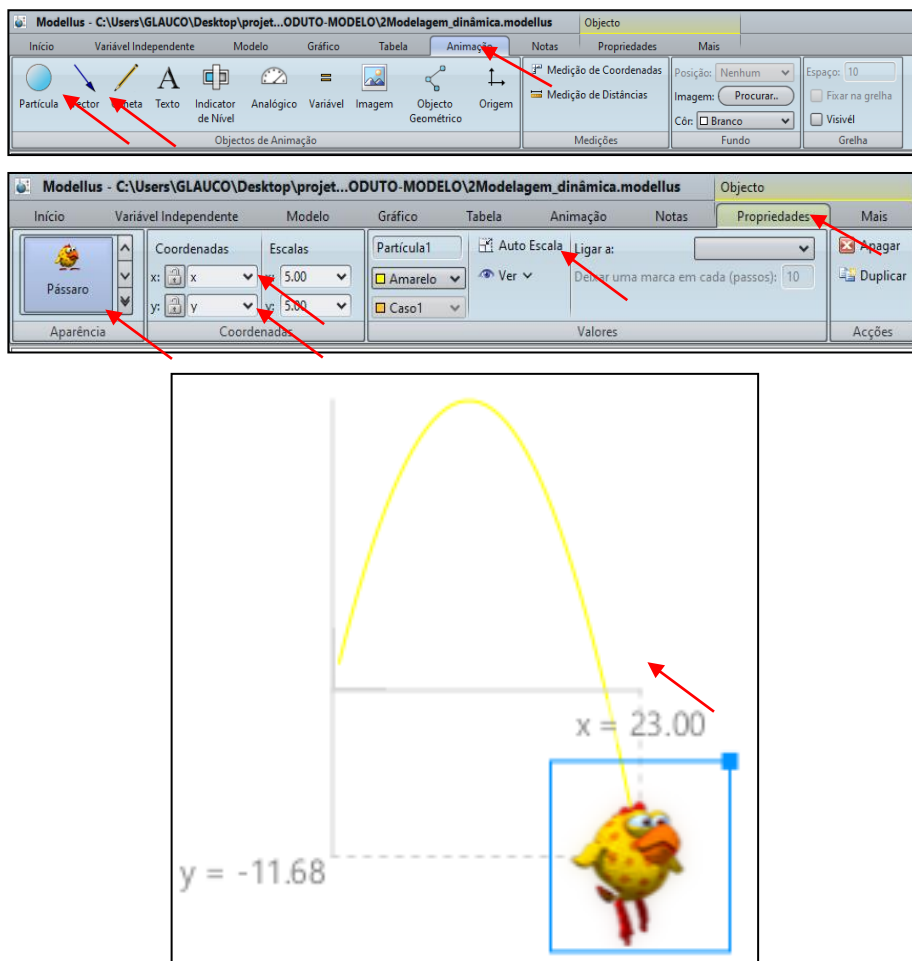


Fig. 16: Mostra a aba Animação aberta com alguns de seus botões em destaque, além de apresentar a aba Propriedades que possuem ajustes e botões para configurações do objeto animado com sua trajetória em destaque.

Vários recursos não foram explorados até este momento, porém, como é a prática convencional desta geração digital, pode se deixar em aberto aos alunos para melhoramentos e pesquisas sobre a utilização dessas ferramentas constantes nos menus Notas e Mais, além, é claro, daquelas não referidas nos menus já trabalhados anteriormente.

Para as últimas atividades da proposta, pode ser necessário conhecer a forma com que o *software Modellus* realiza os cálculos para resolver numericamente as equações diferenciais inseridas no modelo matemático.

Em primeiro lugar, o *software* resolve as equações diferenciais informadas por integração numérica e utiliza para isso o Método de *Runge-Kutta*. Todo o equacionamento na modelagem mais sofisticada constante na janela do modelo matemático (figura 18) a ser utilizada nas últimas tarefas para cada eixo cartesiano, foi produzido a partir do seguinte sistema de equações diferenciais:

$$\begin{cases} \Rightarrow \frac{dv_x}{dt} = \frac{F_{ax} + F_{mx}}{m} \\ \Rightarrow \frac{dv_y}{dt} = \frac{F_{ay} + F_{my}}{m} \\ \Rightarrow \frac{dv_z}{dt} = \frac{F_{az} + F_{mz} - P}{m} \end{cases},$$

onde F_{ax} , F_{ay} e F_{az} são os módulos das componentes da força de arraste do ar de cada eixo, F_{mx} , F_{my} e F_{mz} são os módulos das componentes da força de *Magnus* para cada eixo, P é o módulo da força peso, m é massa do corpo que sofre a ação de todas forças e $\frac{dv_x}{dt}$, $\frac{dv_y}{dt}$ e $\frac{dv_z}{dt}$ são as componentes da aceleração do corpo em cada eixo.

O sistema de equações referido foi produzido em uma análise anterior, devido a construção do diagrama de corpo livre da bola, o qual considera o modelo conceitual aprimorado com a inclusão de mais referentes. A figura 17 ilustra esse modelo com a representação do respectivo diagrama de corpo livre de bola de basquete no instante em que foi recém lançada com rotação em torno do seu centro de massa.

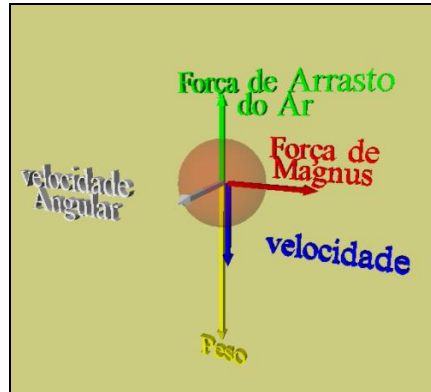


Fig. 17: Mostra o diagrama de corpo livre da bola em 3 dimensões.

O valor da força de arrasto do ar (\vec{F}_a) é diretamente proporcional ao quadrado do módulo da velocidade adquirida pelo corpo e depende também dos fatores que definem o coeficiente α (alpha) de proporcionalidade. A direção dessa força sempre é a mesma da velocidade do corpo, porém seu sentido sempre é contrário. O coeficiente α depende do(a):

- coeficiente de arrasto (C_A), definido pelo número de Reynolds (Re);
- a massa específica do ar ρ ; e
- área da seção transversal do corpo em movimento A .

Segundo Aguiar e Rubini (2004), o coeficiente α é expresso como:

$$\alpha = \frac{1}{2} C_A \cdot \rho \cdot A, \quad (1)$$

O módulo da força de arrasto do ar fica definido desta forma:

$$F_a = \frac{1}{2} C_A \cdot \rho \cdot A \cdot v^2, \quad (2)$$

A força de sustentação que surge devido a rotação do corpo imerso no fluido ar, decorrente do efeito *Magnus*, a força de *Magnus* (\vec{F}_m) pode ser expressa, de acordo com Aguiar e Rubini (2004), da forma a seguir:

$$\vec{F}_m = \frac{1}{2} C_m \cdot \rho \cdot A \cdot r \cdot \vec{\omega} \times \vec{v}, \quad (3)$$

onde C_m é o coeficiente de Magnus, r é o raio de um corpo esférico e $\vec{\omega}$ é a velocidade angular.

A força de Magnus resulta do produto vetorial entre a velocidade angular e a velocidade, ou seja, ela é perpendicular a ambos vetores e seu sentido segue o definido pela regra da mão direita.

A partir das descrições das forças que surgem da interação do sistema físico com dois novos referentes, o ar e a rotação do sistema físico imerso no ar, é possível construir na janela modelo matemático toda a modelagem constante na figura 18 com a sequência indicada.

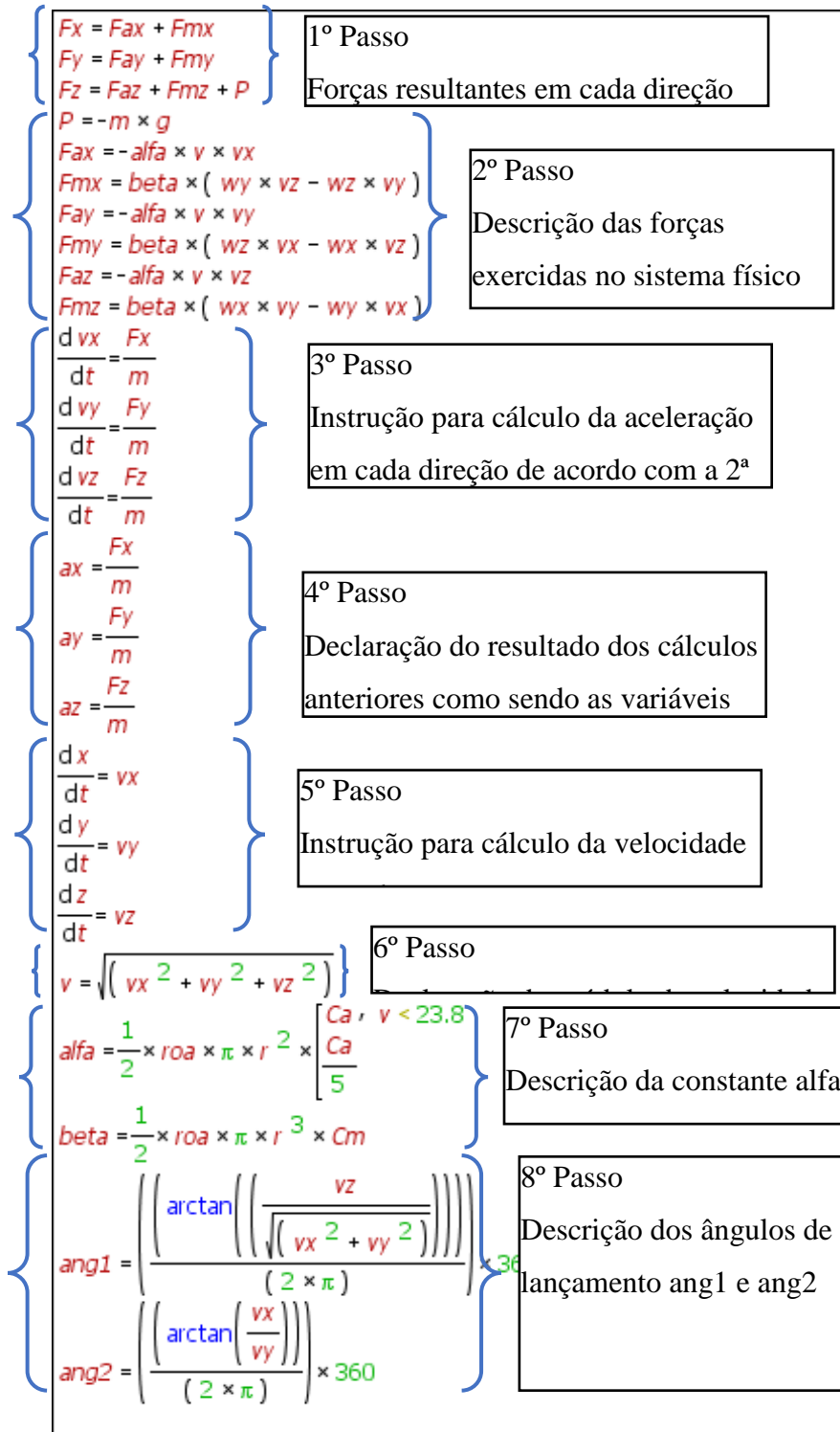


Fig. 18: Mostra toda a modelagem físico-matemática constante na janela Modelo Matemático repassada para os alunos nas últimas duas atividades.

Para a última tarefa, houve a intenção de responder principalmente uma questão foco: com que ângulo de lançamento com a horizontal, com o mesmo valor de velocidade inicial, considerando o ar e uma rotação constante da bola, é possível atingir o maior alcance?

Uma forma de sintetizar todo o trabalho de modelagem, apresentando o domínio teórico, conceitual e formal necessário, para responder a(s) questão(ões)-foco em relação a uma situação-problema, interagindo com o seu domínio metodológico, que concentra os registros, a forma implementada de modelagem, além, é claro, da(s) resposta(s) à(s) questão(ões)-foco e respectivas conclusões, é ilustrando um diagrama AVM (ARAÚJO *et al*, 2012). Sendo assim, a seguir, a figura 19 apresenta o diagrama AVM referente a última modelagem aplicada na tarefa final.

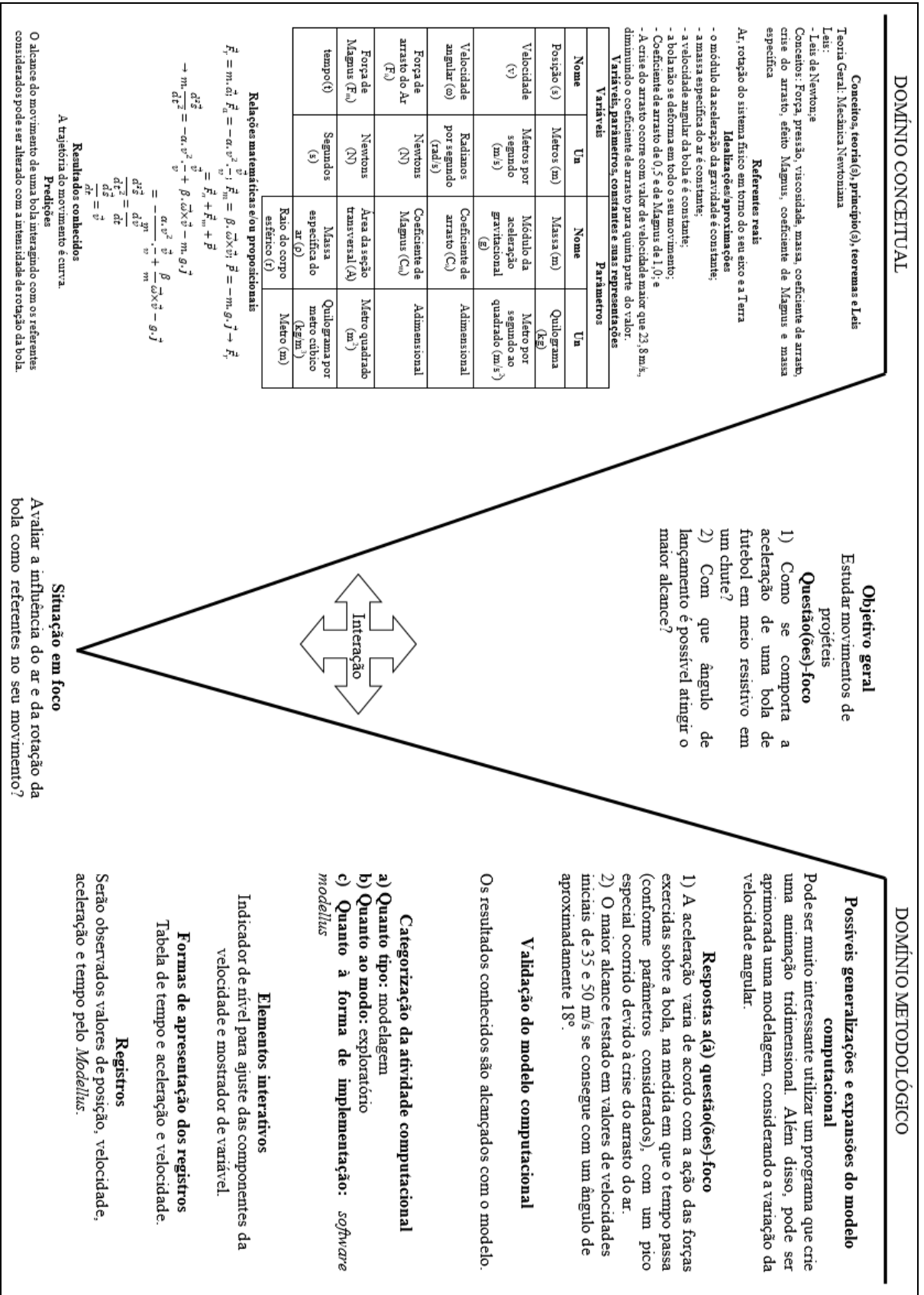


Fig. 19: Mostra o diagrama AVM que sintetiza todo o trabalho para produção da modelagem computacional com o *software Modellus* para o lançamento de uma bola.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. E.; RUBINI, G. A aerodinâmica da bola de futebol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, p. 297-306, n. 4, dez. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v26n4/a03v26n4.pdf>>. Acesso em 11 jun. 2016.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de Física: um referencial de trabalho. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 341-366, ago. 2012. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/189/129>>. Acesso em: 13 abr 2015.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. (trad. Ligia Teopisto) 1.ed. Lisboa: Paralelo, 2003. 1 v.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. (trad. Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina.) 9.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 1 v.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. ampl. São Paulo: E.P.U., 2014.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Epistemologias do século XX**. São Paulo: E.P.U., 2011.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, dez. 1999. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/604/pdf>>. Acesso em 11 jun. 2016.

PIRES, M. A.; VEIT, E. A. Tecnologia da informação e comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de física no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 241-248, jun. 2006. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/050903.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2015.

SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Validação de um teste para detectar se o aluno possui a concepção newtoniana de força e movimento. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 38, p. 2047-2055, dez. 1986. Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Teste_Mecanica_1.pdf>. Acesso em: 2 maio 2016.