

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Gelber Melo Neves

**OBJETOS DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE FÍSICA:
Explorando gráficos de Cinemática por meio de simulações com
o software *Modellus***

Belo Horizonte
2018

Gelber Melo Neves

**OBJETOS DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE FÍSICA:
Explorando gráficos de Cinemática por meio de simulações com
o software *Modellus***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – modalidade Física da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa:
Recursos e tecnologias no ECM

Orientadora:
Prof(a). Dr.^a Adriana Gomes Dickman

Belo Horizonte
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

N513o	<p>Neves, Gelber Melo</p> <p>Objetos de aprendizagem no ensino de Física: Explorando gráficos de Cinemática por meio de simulações com o software <i>Modellus</i> / Gelber Melo Neves. Belo Horizonte, 2018.</p> <p>127 f.: il.</p> <p>Orientadora: Adriana Gomes Dickman</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática</p> <p>1. Cinemática - Métodos gráficos. 2. Física (Ensino médio) - Estudo e ensino. 3. Tecnologia educacional. 4. Vigotsky, L. S. (Lev Semenovich), 1896-1934 - Métodos. 5. Gráficos, tabelas, etc. - Conhecimentos e aprendizagem. I. Dickman, Adriana Gomes. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. III. Título.</p> <p>SIB PUC MINAS</p> <p>CDU: 53:37.02</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada por Fernanda Paim Brito– CRB 6/2999

Gelber Melo Neves

**OBJETOS DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE FÍSICA:
Explorando gráficos de Cinemática por meio de simulações com
o software *Modellus***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – modalidade Física da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa:
Recursos e tecnologias no ECM

Orientadora:
Prof(a). Dr.^a Adriana Gomes Dickman

Prof(a). Dr.^a Adriana Gomes Dickman – PUC-Minas (Orientadora)

Prof. Dr. Lev Verchenko – PUC Minas

Prof. Dr. Ronaldo Marchezini – CEFET-MG

Belo Horizonte, 23 maio de 2018

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus, que me deu força, disposição, motivação e saúde para desenvolver com muita produtividade o meu trabalho.

Às mulheres da minha vida, Silvana, Fabiana, Tatiana e, em especial, à minha esposa Vivian, que sempre me deram apoio e incentivo durante todo o curso de mestrado. Ao meu irmão Fábio e ao meu pai José Fábio pelo carinho e confiança no meu sucesso.

Aos professores e colegas de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, que me permitiram agregar muito conhecimento e novas ideias à minha metodologia de ensino. Um agradecimento especial para meu colega Helbert, que permitiu realizar a minha pesquisa na escola onde trabalha.

Finalmente, gostaria de agradecer à minha orientadora Prof(a). Dr.^a Adriana Gomes Dickman pela paciência e dedicação na condução de toda a minha pesquisa.

RESUMO

Neste trabalho foi usado um objeto de aprendizagem para ensinar interpretação de gráficos em Cinemática a alunos do Ensino Médio. Foi desenvolvido um roteiro, composto por sete situações, usando simulações desenvolvidas no *software Modellus*. Para cada situação, foi criado um arquivo, contendo configurações básicas para direcionar a ação dos alunos, facilitando o seu uso. O referencial teórico desta investigação foi composto pelas ideias sociointeracionistas sobre aprendizagem e desenvolvimento de Vygotsky. Para verificação da eficácia do uso do objeto de aprendizagem, foi feita uma releitura do teste TUG-K, proposto por Beichner, por meio da criação de critérios para a classificação das dificuldades dos alunos e definição dos objetivos de aprendizagem de cada item dos questionários pré- e pós-teste. Com base neste material, foi aplicado um teste-piloto em uma turma de licenciatura em Física, o que permitiu a avaliação do produto educacional, para esclarecer alguns pontos, como também estabelecendo o tempo necessário para realizar as atividades. Em seguida, a versão final da sequência de atividades foi aplicada em uma turma de alunos do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola particular. As simulações contribuíram na superação das dificuldades iniciais dos alunos e para melhorar o processo de tomada de decisões em cada etapa. A análise dos questionários, aplicados antes e após as atividades, mostraram um ganho considerável no desempenho dos estudantes. Acreditamos que o caráter lúdico dos objetos de aprendizagem contribuiu para a motivação dos alunos, facilitando o processo de internalização dos conceitos, em acordo com a teoria de Vygotsky.

Palavras-chave: Vygotsky. Simulações. Cinemática. Gráficos. *Modellus*. Ensino Médio.

ABSTRACT

In this work we use a learning object to teach High School students about graph interpretation in kinematics. We developed a guide with seven situations based on simulations using the software Modellus. For each situation, we created a file with basic settings to orient the students through the activity. The theoretical basis of this investigation is Vygotsky's socio-interactionist theory of learning and development. The efficacy of the learning object was verified through criteria elaborated to classify the students' difficulties, and the definition of the learning objectives based on the TUG-K test, proposed by Beichner. A preliminary test, in an undergraduate physics class, allowed the evaluation of this educational product, clarifying some points, as well as establishing the time needed to complete the activities. We also tested the final version of our guide with students in the first year of high school. The simulations helped the students to overcome their initial difficulties and improve their decision making process in each stage. Analysis of questionnaires applied before and after the activities, showed a considerable gain in the students' performance. We believe that the game-like features of the learning objects contributed to motivating the students, facilitating the internalization of the concepts, in agreement with Vygotsky's theory.

Keywords: Vygotsky. Simulations. Kinematics. Graphs. *Modellus*. High School.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 O ENSINO DE FÍSICA	19
1.1 Breve histórico do ensino de Física no Brasil	19
1.2 O uso de objetos de aprendizagem em ciências	23
1.3 O uso de gráficos em Física	28
1.4 O problema de pesquisa	29
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	33
2.1 A teoria sociointeracionista de Vygotsky	33
2.2 Desenvolvimento e aprendizado	41
2.3 O papel do brinquedo no desenvolvimento	45
3 METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO	49
3.1 Escolha do tema	49
3.2 Escolha do objeto de aprendizagem (OA)	50
3.2.1 Critério para escolha do software adequado	50
3.2.2 Escolha do software <i>Modellus</i>	51
3.3 Elaboração do roteiro de uso do software <i>Modellus</i>	55
3.4 Elaboração do questionário pré- e pós-teste	56
3.4.1 Pré-teste	57
3.4.2 Pós-teste	58
3.5 Teste do projeto-piloto	58
3.5.1 População pesquisada	58
3.5.2 Metodologia de aplicação	59
3.5.3 Reelaboração do roteiro <i>Modellus</i>	60
3.5.4 Otimização da simulação	62
3.6 Aplicação do produto educacional	63
3.6.1 População pesquisada	63
3.6.2 Metodologia de aplicação	64
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	67
4.1 Elaboração de objetivos e critérios para análise	67
4.2 Análise dos resultados do projeto-piloto	69
4.2.1 Pré-teste	69
4.2.2 Pós-teste	76
4.2.3 Discussão dos resultados da aplicação piloto	81
4.3 Análise dos resultados da aplicação principal	83
4.3.1 Pré-teste	83
4.3.2 Pós-teste	89
4.3.3 Discussão dos resultados da aplicação principal	96
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
REFERÊNCIAS	109
APÊNDICE A	113
APÊNDICE B	117

APÊNDICE C.....	121
APÊNDICE D.....	125

INTRODUÇÃO

Ao longo de 15 anos atuo como professor particular de Física, Matemática e Química para alunos do Ensino Médio de diversas escolas de Belo Horizonte. Percebi que a grande maioria dos estudantes têm enormes dificuldades em interpretar gráficos nos conteúdos das três matérias. Alguns dos erros mais comuns são: visão do gráfico como fotografia do movimento, erros na interpretação do significado da inclinação e confusão entre área, inclinação e altura. Essa percepção foi notada em alunos de escolas com variados níveis de exigência, desde as escolas públicas até as escolas particulares reconhecidas como sendo de alto nível. Assim, podemos dizer que o ensino tradicionalista – baseado em aula expositiva e com o suporte no livro didático – contribuiu para a perpetuação dessas dificuldades. Posteriormente, retomaremos essas temáticas e contextualizaremos melhor as dificuldades citadas.

Por outro lado, a minha formação em Engenharia Mecatrônica possibilitou que eu percebesse como é importante para os alunos a aplicação prática dos conceitos discutidos em sala de aula. Durante minha graduação, tive contato com diversas ferramentas aplicadas à engenharia sem saber o valor que elas tinham como objetos de aprendizagem. Isto tornou o meu aprendizado mais rico e eficiente, contextualizando, assim, todo o conteúdo e tornando-o mais sólido na mente. Neste trabalho, entendemos como objeto de aprendizagem os recursos digitais dinâmicos, interativos e reutilizáveis em diferentes ambientes de aprendizagem, empregados para fins educacionais. Imagens, vídeos, softwares e animações são alguns exemplos.

Outro aspecto relevante que pude observar ao longo de minha experiência como professor particular é a força que o contexto familiar do educando exerce sobre suas habilidades. Um professor particular conhece os pais dos alunos e percebe o nível cultural da família; frequenta o ambiente de estudo e conhece os aparatos disponíveis que o estudante tem; além de ter acesso a uma série de informações do ambiente doméstico que influencia diretamente as condições de aprendizagem das quais o aluno dispõe. Um exemplo é a presença ou não de empregados em casa e até mesmo a estrutura da moradia. Essas são informações que, associadas a um contexto específico, podem denotar melhores ou piores condições de o aluno compreender determinado conteúdo. Pude perceber que o

processo de aprendizado é diretamente influenciado pelo meio social e pelos instrumentos mediadores presentes nas famílias, o que contribuiu para a escolha da teoria sociointeracionista de Vygotsky como referencial teórico deste trabalho.

Se por um lado essa experiência como professor de aulas particulares contribuiu para uma série de percepções, por outro, ela também limitou outro conjunto delas. Talvez a mais marcante seja a falta de vivência na docência em sala de aula em escolas regulares. A experiência docente, em uma sala de 30 ou 40 alunos, em escolas públicas ou particulares, certamente agregaria uma percepção ainda mais rica acerca das dificuldades de interpretação de gráficos por parte dos alunos. Reconheço esse fato como dificultador, embora não seja um impeditivo para a realização desse trabalho. Em contrapartida, serão buscadas formas de compensar essa limitação por meio da aplicação do produto educacional em classes regulares.

Em função disso, a proposta desta pesquisa consiste no uso de um objeto de aprendizagem para o ensino de Física, por meio de um roteiro que possa orientar o uso dessa ferramenta para a compreensão de conteúdos relacionados à utilização e interpretação de gráficos. Percebemos que assuntos como Cinemática e Conservação da Energia são temas em que os estudantes têm dificuldade de perceber o fenômeno por meio de gráficos.

Um aspecto importante para o uso de objetos de aprendizagem no ensino de Física é seu caráter lúdico. Acreditamos que esses instrumentos podem facilitar a compreensão do conteúdo pelos alunos. Uma vez que, atualmente, os estudantes são expostos a grande quantidade de conteúdo, principalmente por meios visuais. Esse fator faz com que eles tendam a ter mais facilidade de assimilar conceitos com o apoio de imagens, vídeos, jogos e outros recursos digitais.

Com base no que foi exposto acima, colocamos como foco dessa pesquisa propor o uso de um objeto de aprendizagem para o ensino da Física, em especial para conteúdos de Cinemática. O objetivo é melhorar a compreensão dos alunos em relação à interpretação de gráficos da Cinemática, propondo atividades que permitam a análise de situações com diferentes variáveis, através do software *Modellus*¹. Assim, com base neste *software*, foi desenvolvido um roteiro para orientar

¹ Software educacional livre criado pelo professor Vitor Duarte Teodoro com a colaboração de João Paulo Duque Vieira e Felipe Clérigo na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Nova Lisboa, Portugal. Disponível em <goo.gl/bhdquB>.

professores e alunos sobre a melhor forma de usar esses objetos em sala de aula. A proposta consiste em uma sequência de atividades: um pré-teste, onde são detectados os conhecimentos prévios dos estudantes; uso do software através de um roteiro e em seguida um pós-teste, para avaliar a assimilação de conteúdo. Essa pesquisa está direcionada a conteúdos abordados em aulas de Física, mais especificamente gráficos de Cinemática. O público-alvo deste trabalho são alunos de escolas particulares do primeiro ano do Ensino Médio, que já tenham visto aulas teóricas de Cinemática, em Física, e de Funções, em Matemática.

Para o desenvolvimento da presente pesquisa foi necessária uma revisão bibliográfica que contemplou a análise das ideias sociointeracionistas de Vygotsky (1998) e os conceitos acerca do aprendizado e desenvolvimento presentes em Oliveira (1997). Para a análise sobre o uso de objetos de aprendizagem, além da formulação dos questionários pré- e pós-teste, foram usados os conceitos de Robert J. Beichner (1994, 1996). Este pesquisador americano, professor da Universidade da Carolina do Norte (EUA), desenvolveu uma metodologia de ensino em um laboratório de informática, em que alunos examinam vídeos de movimento sincronizados aos gráficos de cinemática. Ele também foi o criador do Teste de Gráficos de Compreensão em Cinemática, usado por inúmeros professores e pesquisadores em todo o mundo, conhecido como teste TUG-K.

Como apoio para a condução deste trabalho, foram consultadas algumas dissertações como Araújo (2002), Cardoso (2011) e Sousa (2010).

1 O ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo, primeiramente, apresentamos uma contextualização histórica do ensino de Física no Brasil. Em seguida, mostramos como os objetos de aprendizagem estão sendo usados na área de Ciências, especialmente em Física. Depois, comentamos a situação do uso de gráficos em Física e, no último item, apresentamos o problema de pesquisa.

1.1 Breve histórico do ensino de Física no Brasil

Quando se pensa a história da educação no Brasil, é necessário falar do pressuposto religioso que ela trouxe consigo logo após a colonização. A referência europeia, especialmente a portuguesa, foi a mais marcante e o processo educativo foi iniciado por meio dos jesuítas. A prioridade não era a educação, mas a catequização, conforme relata Saviani (2014). Entretanto, a alfabetização era essencial para que os nativos do sexo masculino conseguissem receber as primeiras noções do cristianismo.

Embora tenham sido os jesuítas que iniciaram as experiências educacionais no Brasil nos séculos XVI e XVII, houve uma ruptura desse processo quando os mesmos foram expulsos do país pelo Marquês de Pombal, em 1759. Ele instituiu o que se chamou de reforma da educação com a implementação das aulas régias. A tentativa era estabelecer um ensino laico com o surgimento da figura do professor, mas não foi bem isso que aconteceu.

Não havia muitos critérios para se tornar um educador – que à época lecionava em sua própria casa disciplinas como português, latim, grego e outros conteúdos de humanidades. As pessoas com maior nível de instrução eram os padres, que continuavam a desempenhá-la. De acordo com Castanha e Bittar (2006), a falta de valorização da figura do professor remonta esta época. Eles recebiam salários muito baixos e tinham que cumprir algumas exigências como ter uma estrutura adequada (espaço, mobiliário, iluminação) à atividade em suas residências e um inspetor ficava encarregado de averiguar tais condições.

A chegada de Dom João VI ao poder e a vinda da família real ao Brasil, em 1808, impulsionaram o desenvolvimento cultural do país. Ao mesmo tempo, surgiam ideias que levariam à independência, o que foi consolidado em 1822. A educação

gratuita e para “todos” os cidadãos foi estabelecida pela constituição de 1824, no entanto, apenas os nobres eram considerados cidadãos. Assim, o direito à educação ficou restrito a certo grupo de pessoas e não a todos. Com a proclamação da república, em 1889, foi adotado o federalismo e o poder foi descentralizado, ficando dividido entre o presidente e os governadores estaduais. As ideias positivistas cresceram com a reforma de 1890, principalmente depois de nomeado o chefe do Ministério da Instrução Pública, Correios e Telégrafos, Benjamin Constant – órgão que atuou diretamente na Educação, propondo mudanças nos ensinos primário e secundário.

Bem mais tarde, do século XIX até 1930, foi percebido que o ensino de Física era baseado no estudo, principalmente, de livros de origem francesa. No início do século XX, houve um grande aumento da produção de livros didáticos de Física, com o surgimento de autores nacionais, principalmente de professores de colégios renomados, como o Pedro II (NICIOLI; MATTOS, 2008, p.275). Por volta dos anos finais da década de 1940, surgiram ações que facilitaram a construção dos primeiros grupos de pesquisa de ensino de Física, como o da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e da Universidade de São Paulo (USP). Nessa época, houve a criação do Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) e do Instituto Brasileiro de Educação Ciência e Cultura (IBEEC), sendo que este último foi muito importante, pois implantou vários projetos de ciências no país. Ele produziu também materiais didáticos na área de ensino de ciências, promovendo feiras, criando museus e incentivando a pesquisa e treinamento de professores.

Na década de 1950, surgem os primeiros *kits* para experimentos. Até a década de 1960, o ensino de Física se mostrou tradicional e tinha a tendência a dar mais importância à teoria exposta no quadro negro. Nesta última década, foi criada a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), que além de industrializar todo o material produzido, criou cursos para profissionais do ensino primário e programas específicos para o ensino superior.

Devido à influência dos Estados Unidos, em 1964, houve a introdução do *Physical Science Study Committee* (PSSC). Projeto com a tentativa de tornar relevante o conteúdo, de modo que os estudantes pudessem entender melhor a estrutura básica de Física e o método científico. Segundo Moreira (1986), o PSSC passara a orientação de que esta matéria era fruto de um processo em evolução. Assim, as pessoas deveriam compreender a natureza do mundo Físico e não

apenas uma sequência de fatos. O projeto durou até o início da década de 1970, aproximadamente. Esse insucesso ocorreu devido a alguns fatores relativos às diferenças socioeconômicas e culturais existentes entre Brasil e EUA. Assim, nesse período, novos projetos para o Ensino de Física, desta vez nacionais, foram requeridos.

Devido à dificuldade de adaptação das obras estrangeiras, houve um interesse interno em mudar a estrutura do ensino de ciências, surgindo projetos nacionais com materiais didáticos mais eficientes. Nesta mesma época, os primeiros grupos de pesquisa de ensino de Física entram em evidência nas instituições públicas federais do país. Nesse período, surgem também os primeiros simpósios nacionais de ensino de Física (SNEF).

Foi também em 1970 que foi criado o Projeto Nacional para a Melhoria do Ensino de Ciências (PREMEM), o qual criou alguns importantes movimentos como: o Projeto de Ensino de Física, do Instituto de Física da USP (1972), o Projeto Nacional de Ensino de Química de 2º grau, ligado à Coordenadoria de Ensino de Ciências do Nordeste (CECINE), em 1972, e o Projeto de Ensino de Ciências (PEC), ligado ao Centro de Ciências do Rio Grande do Sul (CECIRS), dentre outros que foram financiados até o final dos anos 1970.

De acordo com Nardi (2004, p.71), alguns fatores como: as características da pesquisa do ensino de ciências e a dificuldade de se encontrar parâmetros para avaliar a pesquisa contribuíram para dificultar a construção e consolidação de alguns grupos de pesquisa de Física no Brasil. Isso fez com que muitos pesquisadores trabalhassem de forma isolada ou em conjunto com pesquisadores que atuassem em faculdades de educação ou em outros espaços, podendo assim trabalhar com pesquisas e formar seus grupos. Surgiram assim, os primeiros cursos de pós-graduação em ensino de Física, abrindo espaço para a reflexão, sobre as práticas educacionais, de professores e pesquisadores.

Na década de 1980, de acordo com Rosa e Rosa (2012, p.8), “o ensino de Ciências, incluindo o da Física, tomou uma dimensão de produção do conhecimento voltada para os avanços tecnológicos.” Assim, a tecnologia se uniu intimamente à ciência e foi iniciado um debate sobre essa associação para a sociedade. Houve preocupação com a destruição da natureza e com os efeitos do armamento nuclear. Nesse sentido, a tecnologia associada à ciência poderia por fim à própria existência humana.

Em meados dos anos 1990, foi sancionada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, a LDB – Lei Nº 9.394/96, a qual modificou a estrutura e o funcionamento do ensino nacional. A estrutura didática, segundo a nova lei passa a ter dois níveis: Educação Básica e Educação Superior, sendo a primeira, composta pela educação infantil, pelo Ensino Fundamental e pelo Ensino Médio. De acordo com o art. 22: "A educação básica tem por finalidade desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores" (BRASIL, 1996). Essas ideias foram baseadas na Constituição Brasileira. Como afirma o art. 52, a estrutura universitária foi considerada instituição pluridisciplinar com o objetivo de formar: "profissionais de nível superior, de pesquisa de extensão e de domínio e cultivo do saber humano". Segundo Francisco Filho (2001), a globalização e as teorias educacionais atuais influenciaram esta lei. Podemos considerar que as ideias de Piaget e Vygotsky, interacionistas e sociointeracionistas, respectivamente, contribuíram com alguns conceitos nesta legislação.

Em complemento à LDB, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) elaborou os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), os quais determinavam as competências indicadas na base comum nacional para o Ensino Médio e, ao mesmo tempo apontou que os currículos deviam ser organizados de maneira a buscar a interdisciplinaridade e a contextualização do conhecimento (BRASIL, 1999). Isso também foi válido para o ensino de Física. Essa ideia de contextualização é confirmada por Pietrocola (2001, p. 3), quando afirma que "o mundo físico está intimamente ligado ao mundo cotidiano, sendo a natureza participante de ambos, na qual são observados fenômenos como arco-íris, raios, fases da lua, eletricidade, ondas eletromagnéticas etc."

Portanto, a LDB, os PCNEM e legislações semelhantes, mostraram como deveria ser o novo ensino de Física, em que são apresentadas novas estratégias de ensino. Assim, os estudantes são instigados a construírem seus próprios modos de aprender e se tornarem aptos a continuar o processo de aprendizagem fora da escola. Rosa e Rosa (2012) confirmam essa ideia:

Não se aprende a aprender apenas ouvindo, escrevendo, memorizando e reproduzindo conhecimentos em provas, é preciso algo mais dinâmico, que ative os alunos, não apenas fisicamente, mas acima de tudo, intelectualmente. É necessário que ele, o aprendiz, ponha em funcionamento toda a sua estrutura cognitiva

durante o ato de aprender, e consiga ir além dela, refletindo e retomando cada ação efetivada em busca do conhecimento. (ROSA; ROSA, 2012, p. 12)

Em 16 de fevereiro de 2017, a Lei 13.415 foi sancionada e alterou as Leis 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação. Um dos principais pontos trazidos no texto da nova lei foi o aumento da carga-horária oferecida no Ensino Fundamental, que passa a ser de 800 horas-aula e, no Ensino Médio, de 1400 horas-aulas. Esta lei também define direitos e objetivos de aprendizagem do Ensino médio, conforme as diretrizes do Conselho Nacional de Educação, de acordo com as quatro áreas do conhecimento: I - linguagens e suas tecnologias, II - matemática e suas tecnologias, III - ciências da natureza e suas tecnologias e IV - ciências humanas e sociais aplicadas.

Um ponto importante dessas legislações foi que a tecnologia mereceu destaque especial, sendo parte integrante da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias. Um dos grandes objetivos do ensino de ciências no nível médio é que os estudantes, por meio dos conhecimentos tecnológicos e da ciência, compreendam a importância de aspectos técnicos e científicos no seu dia a dia e na sociedade.

Nesse contexto, com a difusão do computador e, conseqüentemente da *internet* e dos *smartphones*, surgem os objetos de aprendizagem, como uma forma de integrar professor, aluno e conteúdo a ser ensinado, de maneira contextualizada e interdisciplinar. Assim, o processo ensino-aprendizagem é facilitado. Para associar os objetos de aprendizagem ao ensino desta disciplina, que ainda gera muitas dificuldades entre os estudantes, foi necessário fazer um resgate do ensino de Física no Brasil a partir desses recursos.

1.2 O uso de objetos de aprendizagem em ciências

Atualmente, os educadores têm à disposição uma série de recursos tecnológicos que auxiliam as práticas escolares. No final dos anos 1990, os computadores começaram a chegar às escolas. Ao longo dos anos, o acesso à

Internet foi se popularizando e a velocidade do tráfego de dados contribuiu para o surgimento de inúmeras ferramentas didáticas.

Kenski (2007) apresentou a tecnologia como “o conjunto de conhecimentos e princípios científicos que se aplicam ao planejamento, à construção e à utilização de um equipamento em um determinado tipo de atividade [...]” (KENSKI, 2007, p.24). Entretanto, o conceito de tecnologia precisa ser compreendido de forma ampla, de maneira que não represente apenas as máquinas ou computadores. Um medicamento, um processo ou um serviço também podem ser considerados uma tecnologia.

Os objetos de aprendizagem, por sua vez, chegam à escola como um recurso didático alternativo e complementar aos recursos tradicionais. Formalmente, entendemos o objeto de aprendizagem como um recurso digital cuja finalidade é educacional (WILEY, 2001). Pesquisas atuais, como a de Sousa (2010), também abordaram o uso dos objetos de aprendizagem na relação interdisciplinar entre Física e Matemática:

Os objetos de Aprendizagem se apresentam de forma hipertextual, como se fossem páginas da Web, porém com direcionamento para os objetivos para os quais foram concebidos. De forma geral, as páginas hipertextuais características dos Objetos de Aprendizagem possuem poucos botões diminuindo a possibilidade de o aluno divagar e se desorientar quando “navega” ou os explora. Ao clicar em um dos botões no Objeto de Aprendizagem, outra página geralmente se abre (ou outra função é acionada em um quadro, por exemplo) e o aluno será orientado no sentido de buscar a solução pretendida.
(SOUSA, 2010, p.15).

Algumas das características dos objetos de aprendizagem são: interatividade, reusabilidade e interoperatividade. A primeira diz respeito ao fato de o aluno interagir com o recurso tecnológico, possibilitando um envolvimento do estudante com o conteúdo a ser ensinado. A segunda representa a capacidade de o objeto de aprendizagem ser usado em diferentes lugares, contextos e para diversos propósitos. Já a terceira representa o potencial de utilização desse recurso tecnológico em diferentes plataformas computacionais. Para uma melhor eficiência do uso de objetos de aprendizagem, segundo Valente (2002), é necessário que o professor tenha domínio técnico e, simultaneamente, pedagógico sobre o recurso tecnológico.

A tecnologia está cada vez mais presente em nossas vidas, principalmente nas novas gerações. Assim, quando se usa um projeto pedagógico integrado aos novos recursos tecnológicos, estamos adequando o ensino ao contexto de vida do aluno. Os objetos de aprendizagem são partes importantes dessas tecnologias, pois apresentam inovações pedagógicas no processo de ensino e aprendizagem. Em Física, estes recursos são ainda mais importantes, uma vez que permitem a simulação e animação de fenômenos. Esse é um ponto muito útil, pois, às vezes, determinados fenômenos são excessivamente caros ou difíceis de serem reproduzidos na frente dos estudantes. Cardoso (2011) confirma isso ao dizer que “[...] simulação é o recurso mais interessante para a área da Física, visto que nesta ciência se trabalha com fenômenos e situações abstratas e de difícil imaginação”.

Simulações são ferramentas que permitem descrever processos dinamicamente, oferecendo ao usuário bastante interatividade, incluindo a possibilidade de alteração de parâmetros. Outra vantagem importante desse recurso é a existência de um mecanismo que possibilita ao estudante controlar o andamento da apresentação, como as teclas *pause* e *replay*. Isso é fundamental no aprendizado, pois, assim, é respeitado o ritmo de aquisição de conhecimento de cada pessoa. Situações simuladas e animadas, como as propostas neste trabalho, mostram aos aprendizes a movimentação de objetos ou personagens com a construção simultânea de gráficos de cinemática.

Para seguir com a compreensão desses métodos alternativos é importante entender a diferença entre simulação e modelagem. De acordo com Lopez, Veit e Araújo (2016), uma simulação de computador representa um modelo físico em que o estudante pode introduzir valores iniciais para as variáveis, modificar os parâmetros e, até certo ponto, mudar as relações entre as variáveis. “No entanto, ele não tem autonomia para alterar a estrutura da simulação (modelo matemático ícone ou pré-especificado)”. (LOPEZ; VEIT; ARAÚJO, 2016, p.4, tradução nossa). Já na modelagem computacional, o usuário tem acesso à estrutura básica ou fundamental do modelo matemático, conseguindo interferir nesse modelo ou reconstruindo-o, caso deseje. De acordo com estes autores,

[...] a implementação da modelagem computacional na sala de aula representa para os professores e alunos uma atividade altamente exigente, que requer o domínio de conceitos científicos e os respectivos modelos matemáticos que tornam a estrutura do modelo e a gestão computacional (em muitos casos) de uma linguagem de programação específica.

(LOPEZ; VEIT; ARAÚJO, 2016, p.3, tradução nossa).

Ministrar aulas de Física é um desafio por si só em virtude da falta de popularidade da disciplina e dos múltiplos estímulos externos aos quais os alunos são expostos, mesmo dentro da sala de aula. Os diversos *sites* disponíveis na *web*, a vastidão de aplicativos e até os canais de mídias sociais oferecem mais atrativos do que um conteúdo ofertado apenas por meio do livro, quadro e pela fala do professor. Os objetos de aprendizagem se apresentam, então, como um novo recurso mediador da aprendizagem da Física. De acordo com Fiolhais e Trindade (2003), existe a necessidade de diversificar os métodos no ensino das ciências físicas para combater o insucesso escolar. “É de responsabilidade dos docentes proporcionar aos seus alunos experiências de aprendizagem eficazes, combatendo as dificuldades mais comuns e atualizando, tanto quanto possível, os instrumentos pedagógicos que utilizam” (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p. 260)

Essa perspectiva dialoga com a teoria de Vygotsky (1998) que percebe o instrumento mediador como fundamental para que o aprendizado se concretize. A tecnologia oferece uma variedade de ferramentas para isso, pois

aos computadores, cada vez mais velozes e com maior capacidade de tratamento e de representação de dados, juntaram-se modernamente novas interfaces entre homem e máquina (capacetes de visualização imersiva, luvas de dados etc). Surgiram assim novas oportunidades de usar tecnologias da informação na educação e de concretizar com elas novas formas de aprendizagem. (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p. 260)

Aproveitar e introduzir novas ferramentas educacionais são formas de trilhar um caminho mais palatável para os conteúdos da Física, mas Medeiros e Medeiros (2002) chamam a atenção para o papel do professor como condutor da atividade. Os objetos de aprendizagem não podem ser deixados na mão dos alunos para que o conteúdo seja simplesmente extraído. Os pesquisadores registraram vídeos em que os estudantes eram deixados a sós com o computador e o que se viu foram interações limitadas com os conteúdos dos programas, o que levava os alunos a avançarem rapidamente para as próximas telas ou gráficos sem terem apreendido os conceitos. “Sem a intervenção de um professor, os estudantes não se engajavam cognitivamente em um nível profundo, nem sempre liam nem seguiam todas as instruções, nem relacionavam os gráficos ao texto”. (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002. p.84).

Segundo López, Veit e Araújo (2016), o uso das TICs (Tecnologias de informação e comunicação) em sala de aula é uma atividade altamente exigente, pois requer o domínio de alguns conceitos científicos, tais como análise de coerência de dados e como usar ferramentas de medição no ambiente virtual que possam ser aplicadas em TICs. Sem o devido controle e preparação do professor, o ensino poderia obter resultados puramente mecânicos.

Por outro lado, Medeiros e Medeiros (2002) alertam que o uso de objetos de aprendizagem como simulações e modelagens não substitui os experimentos científicos feitos em ambiente escolar. A diferença do experimento real em relação à simulação é que na primeira o aluno põe a “mão na massa”, trabalhando com o real. Assim, os questionamentos e raciocínios próprios de quando o aluno está participando de um experimento, os erros experimentais, as dúvidas naturais nas situações reais não são muito trabalhadas nas simulações. De acordo com estes autores, o experimento real tem um conteúdo epistemológico e educacional mais eficiente.

Os autores apresentam uma visão crítica acerca do uso de simulações na educação. Para eles, a simples utilização da informática não garante que os alunos tenham uma boa aprendizagem. “Equívocos na confecção dos softwares devido a certa falta de cuidado ou mesmo a uma falta de conhecimento em Física podem ocorrer e conduzir os indivíduos a pensarem de modo incorreto e, conseqüentemente a não compreenderem a natureza.” (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p.78).

Para que seja feito um bom uso das simulações em sala de aula, os autores Medeiros e Medeiros (2002) listam, ainda, alguns cuidados:

- a) O simulador deve ter ótima modelagem do sistema físico;
- b) Deve-se entender que o experimento real apresenta certas especificidades que a situação simulada não mostra;
- c) Deve-se ter uma posição crítica ao analisar a situação simulada.

Entusiasmo em excesso pode levar a um raciocínio errado.

Medeiros e Medeiros (2002) destacam a importância de não introduzir a informática no ensino de ciências a qualquer custo, pois a ferramenta por si só não garante a compreensão do conteúdo. Como visto a seguir:

Uma questão igualmente disputada tem sido a propalada capacidade de um ensino assistido por computador ser um tipo de educação que atenda às necessidades do indivíduo. Contudo, se o computador for introduzido nas escolas sem que haja mudanças estruturais nos métodos de ensino, no treinamento e nas expectativas dos professores e na própria estrutura administrativa da escola, o poder educacional dessas máquinas será bastante reduzido. (OPPENHEIMER apud MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p.84).

Embora o uso de objetos de aprendizagem apresente uma série de limitações, ainda assim, eles podem ser percebidos como ferramenta de apoio pelos educadores. Além disso, os OA estão presentes em uma grande quantidade em repositórios confiáveis na internet e representam um material com grande potencial se usado e preparado por pessoas capacitadas. Dessa forma, propomos a utilização de um roteiro para a aplicação do software *Modellus*, o que pode tornar mais clara e interessante o uso de gráficos de Cinemática.

1.3 O uso de gráficos em Física

O uso de gráficos na aprendizagem de Física é uma prática comum em sala de aula. Frequentemente, os alunos apresentam dificuldades para captar o conteúdo nesse formato e, conseqüentemente, é um desafio para os professores desenvolverem metodologias que contribuam para esse processo.

O estudo dos gráficos é muito importante para a formação do aluno e, conseqüentemente, do futuro cidadão. Além de desenvolver o raciocínio, este estudo agrega à pessoa a capacidade interpretar informações veiculadas em jornais, revistas, notícias da internet, uma vez que muitas delas são apresentadas em forma de gráficos.

Para Campos (2000), as principais limitações para uma boa compreensão de gráficos, na área de Cinemática, por exemplo, estão relacionadas ao estudo do movimento sem o prévio entendimento do conceito e a abordagem abstrata no processo ensino-aprendizagem do conceito de função. Em virtude disso, o foco de investigação deste trabalho é a utilização de um objeto de aprendizagem para facilitar a interpretação de gráficos no ensino de Cinemática – área que estuda o movimento de corpos ou partículas, sem referência a massas ou a forças.

Em outro contexto, metodologias têm sido desenvolvidas para facilitar o trabalho com gráficos. Beichner (1994) apresentou uma análise do uso de gráficos

de cinemática por estudantes do Ensino Médio. Essa metodologia utiliza um teste criado pelo autor, chamado TUG-K (*Test of Understanding of Graphics Kinematics*) que avalia qualitativa e quantitativamente os alunos. Ele é composto por 21 questões objetivas, três para cada um dos objetivos escolhidos. Alguns deles são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Objetivos do teste TUG-K de compreensão de gráficos da Cinemática

Dado	O Estudante deverá
1) Gráfico de posição vs. tempo	Determinar a velocidade
2) Gráfico da velocidade vs. tempo	Determinar a aceleração
3) Gráfico da velocidade vs. tempo	Determinar o deslocamento
4) Gráfico da aceleração vs. tempo	Determinar a variação na velocidade
5) Gráfico da Cinemática	Selecionar outro gráfico correspondente
6) Gráfico da Cinemática	Selecionar a descrição textual adequada
7) Descrição textual do movimento	Selecionar o gráfico correspondente

Fonte: (ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004, p.180)

1.4 O problema de pesquisa

O processo de aprendizagem é algo dinâmico, que depende da interrelação de vários atores, como o professor, o aluno e recursos didáticos. Além disso, quando o estudante aprende algum conceito, traz consigo uma série de elementos, valores e dados que refletem sua cultura e seu meio social. Segundo Vygotsky (1998), o conhecimento é fruto de diversas interações sociais. Ele parte da ação compartilhada que surge como resultado da dinâmica das significações e dos sentidos, o que permite a criação e o uso de signos como instrumentos psicológicos que sustentam a atividade mediada como forma de ação transformadora do meio e do próprio ser humano. Ao apresentar sua proposta sobre como esse processo se desenvolve, o autor destaca a importância das interações sociais como base de todo esse movimento. “A internalização das atividades socialmente enraizadas e

historicamente desenvolvidas constitui o aspecto característico da psicologia humana; é a base do salto qualitativo da psicologia animal para a psicologia humana.” (VYGOTSKY, 1998, p. 76).

Essa ideia é partilhada por outros autores que acreditam em um processo conjunto de criação de saberes. “A gênese dos processos, buscada por Vygotsky enquanto procedimento metodológico, reconhecia no funcionamento das práticas interativas as conexões e condições que possibilitavam a construção do novo.” (ANDRADE; SMOLKA, p.268, 2009).

Assim sendo, a questão de pesquisa central do presente trabalho se resume a: **um objeto de aprendizagem pode contribuir para o ensino de conteúdos de Física, especificamente, de cinemática?**

A partir deste questionamento, podemos apresentar alguns desdobramentos que são detalhados nas questões a seguir: É importante ter um roteiro para aplicação do software *Modellus* em ambiente escolar? Os questionários propostos podem identificar as possíveis dificuldades dos alunos em relação aos gráficos de cinemática?

No próximo capítulo, discutimos o referencial teórico, o qual foi dividido em três tópicos. O primeiro descreveu a teoria sociointeracionista de Vygotsky, apresentando suas principais ideias, como mediação e interação social. Em seguida, abordamos o desenvolvimento e a aprendizagem, em que são discutidas as influências sócio-históricas na evolução do indivíduo. Conceitos como zona de desenvolvimento proximal, real e potencial foram explicados. No último tópico desta seção, versamos sobre o papel do brinquedo no desenvolvimento do indivíduo, demonstrando a importância do aspecto lúdico deste recurso para o aprendizado.

No capítulo 3, detalhamos a metodologia de elaboração do produto. Inicialmente, mostramos os argumentos para a definição do tema em questão. Em seguida, apresentamos os critérios para a escolha de um software como objeto de aprendizagem e, em especial, a opção pelo *Modellus*. Logo depois, demonstramos como foi a elaboração do roteiro de aplicação deste *software* e dos questionários pré- e pós-teste, detalhando suas estruturas e objetivos. Relacionamos, ainda, estes testes ao referencial bibliográfico. No item 3.5, expomos as implicações do teste-piloto, e foi apresentada a população pesquisada, a metodologia de aplicação, a reelaboração do roteiro *Modellus* e a otimização da simulação. No item 3.6,

descrevemos a aplicação do produto educacional em uma escola de Ensino Médio, a nova população pesquisada e a metodologia de aplicação.

No capítulo 4, desenvolvemos a análise e discussão dos resultados. Definimos os objetivos a que o estudante deveria cumprir e construímos a tabela de dificuldades mais comuns entre os alunos. Analisamos questão por questão tanto no projeto-piloto, como na aplicação principal, citando exemplos de respostas de determinados estudantes. Apresentamos gráficos e tabelas com rendimento, objetivos e principais dificuldades dos aprendizes. Nos pós-testes, criamos uma classificação quanto ao nível de superação de dificuldades: se não superou, se superou totalmente ou se parcialmente. A discussão retomou conceitos do nosso referencial teórico e apresentou tabelas comparativas do pré- e pós-teste, mostrando a evolução e as dificuldades persistentes dos estudantes. Descrevemos, ainda, as conclusões acerca destes dados.

No capítulo 5, fizemos as considerações finais, em que retomamos os objetivos da pesquisa e os fundamentos teóricos. Apresentamos o contexto do ensino de Ciências da Natureza no Brasil, as demandas tecnológicas, o uso de objetos de aprendizagem, as implicações teóricas e práticas da aplicação do produto, os resultados e as principais conclusões acerca dos dados da pesquisa.

No apêndice A, mostramos o roteiro do *Modellus* da aplicação piloto, o qual contempla uma parte maior de modelagem em relação à simulação. Já no apêndice B, apresentamos a versão final deste roteiro, na qual a simulação é mais evidente. Este é o nosso produto educacional.

No apêndice C, temos o pré-teste, para avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes e no apêndice D, apresentamos o pós-teste, o qual tem por objetivo verificar se o uso referido software acrescentou no aprendizado dos alunos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-PEDAGÓGICA

Neste capítulo, apresentamos os referenciais teóricos que norteiam as ideias desta pesquisa. O pensamento condutor é a teoria sociointeracionista de Vygotsky (1998). O psicólogo bielo-russo Lev Semenovitch Vygotsky nasceu ainda no século XIX, em 1896, na república de Belarus. Embora tenha vivido muito pouco, ele morreu em 1934, deixou uma vasta produção intelectual que ainda é usada nos dias atuais. Suas principais ideias estão relacionadas à influência que o meio social tem no processo de aprendizagem e, conseqüentemente, no desenvolvimento do indivíduo.

Essa escolha se deu a partir da nossa identificação com os conceitos centrais do autor. Pensamos que ainda hoje o meio continua interferindo significativamente nos processos de aprendizagem dos estudantes. Na nossa percepção, as famílias, as vivências e referências, se não são fatores determinantes, têm grande importância na aquisição de conhecimento.

2.1 A teoria sociointeracionista de Vygotsky

A teoria sociointeracionista de Vygotsky apresenta algumas ideias fundamentais sobre o processo ensino-aprendizagem. Uma delas é considerar que o ser humano possui funções psicológicas que biologicamente são produtos da atividade cerebral. Outro fundamento parte do pressuposto de que o funcionamento psicológico do homem é baseado nas relações sociais entre ele e o mundo exterior, as quais se desenvolvem em um processo histórico. O autor apresenta ainda a ideia de que a relação do homem com o mundo é mediada por sistemas simbólicos, como a linguagem e a escrita.

Um conceito central para compreendermos o fundamento sócio-histórico do funcionamento psicológico é o conceito de mediação, que nos remete ao terceiro pressuposto vygotskiano: a relação do homem com o mundo não é uma relação direta, mas relação mediada, sendo os sistemas simbólicos os elementos intermediários entre o sujeito e o mundo. (OLIVEIRA, 1997, p. 24).

Apesar de a teoria ter sido criada antes da primeira metade do século XX, ela já considerava que o contexto de aprendizado não dependia unicamente do aluno. O

próprio ambiente escolar, as brincadeiras em sala de aula, a interação com professores e educandos já eram percebidas como fundamentais para a aquisição de conhecimento. A escolha dos preceitos de Vygotsky é compatível com a proposta de investigação deste trabalho na medida em que ratifica a importância do meio para o desenvolvimento do ser.

A proposta de usar um objeto de aprendizagem para o ensino de física, especialmente nos conteúdos relacionados à cinemática, propõe essa mediação. Entendemos como mediação o processo de intervenção de um elemento intermediário em uma relação entre o estímulo e a resposta. Deixando, esta, de ser direta e passando a ser intercedida por esse elemento, como ilustra a Figura 1. Neste trabalho, o software poderia ser um dos elementos mediadores.

Figura 1 - Processo estímulo-resposta



Fonte: Adaptada (VYGOTSKY, 1998, p.53).

No processo estímulo-resposta, segundo Vygotsky (1998, p.54), o impulso direto para reagir é mediado por um elo intermediário. A operação é feita por um meio indireto. A esta ideia podemos acrescentar, ainda, que o ser humano, ao responder aos estímulos externos, consegue controlar o seu próprio comportamento sob o elo mediador da consciência.

Se uma criança, por exemplo, coloca um objeto em uma tomada e toma um choque, o próprio choque e a sensação de medo que ela sentirá irá mediar suas experiências futuras com a tomada e ela associará aquela atitude a uma ação perigosa. Da mesma forma, se outra pessoa alertar a criança sobre esse comportamento arriscado, a relação será mediada pela intervenção desta pessoa.

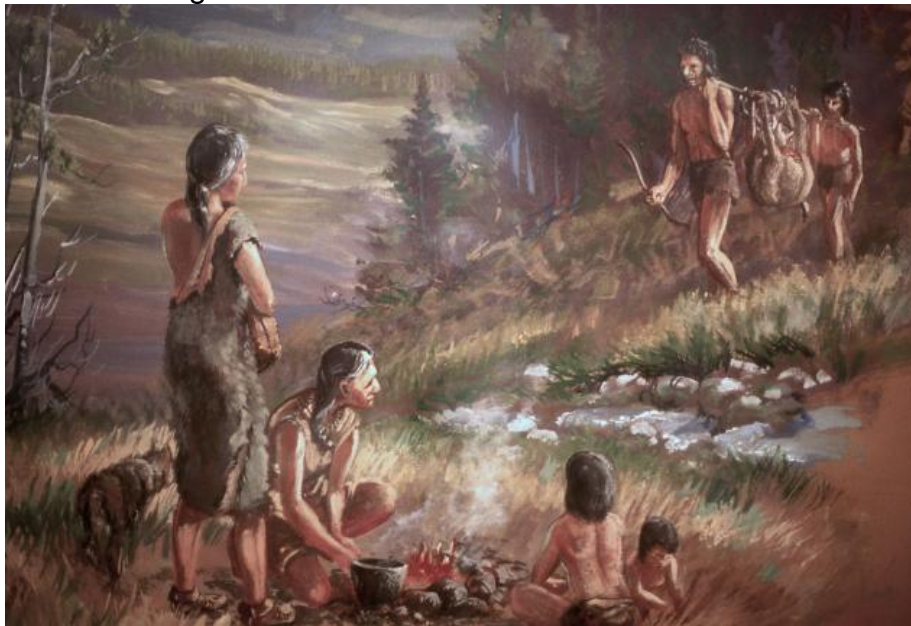
Ao longo do desenvolvimento de um indivíduo, as relações mediadas passam a predominar sobre as relações diretas.

“Vygotsky discute sobre dois tipos de elementos mediadores: os instrumentos e os signos.” (OLIVEIRA, 1997, p. 27). Segundo Cole e Scribner (1998), Vygotsky seguia a linha dos influentes sociólogos franceses e foi o primeiro psicólogo moderno a sugerir os mecanismos pelos quais a cultura torna-se parte da natureza de cada pessoa. “Ao insistir que as funções psicológicas são um produto da atividade cerebral, tornou-se um dos primeiros defensores da associação da psicologia cognitiva experimental, como a neurologia e a fisiologia”. (COLE; SCRIBNER, 1998, p.8), contribuindo, assim, para formação de uma base para a ciência comportamental unificada.

Vygotsky (1998) busca entender as características da origem e do desenvolvimento da espécie humana, usando o surgimento do trabalho e a formação da sociedade. A ação do homem sobre a natureza cria a cultura e a história humana. No trabalho, devido à atividade coletiva, surgem as relações sociais e a criação e utilização de instrumentos.

O instrumento é um elemento utilizado pelo homem para ampliar as possibilidades de transformação da natureza. A arma de fogo, por exemplo, permite a caça com mais facilidade e precisão do que a caça à mão livre. Este objeto carrega consigo a história e a função para a qual foi criado. Assim, ele é um objeto social e mediador da relação entre o homem e o mundo, como visto na Figura 2. Neste trabalho, o software *Modellus* assume a função de instrumento de mediação entre os conhecimentos prévios do estudante e os novos conhecimentos. Provavelmente, os primeiros seriam assimilados nas aulas teóricas de Cinemática, em Física, e de Funções, em Matemática. O uso do software pode tornar a aprendizagem mais lúdica e agradável, de modo que conhecimento surja de forma mais natural.

Figura 2 – O homem usando instrumentos



Fonte: Souza (2013).

Oliveira (1997) apresenta a ideia de Vygotsky que mostra que a operação de memória vai além das dimensões biológicas do sistema nervoso, permitindo incorporar a ele estímulos artificiais que chamamos de signos. O uso destes como meio de resolver determinado problema é análogo ao uso dos instrumentos, porém, no campo psicológico. Enquanto os instrumentos são elementos externos ao indivíduo e tendem a controlar a natureza, os signos são instrumentos psicológicos voltados para dentro do sujeito. Os signos podem auxiliar a lembrar, comprar coisas, escolher etc. A diferença entre esses dois conceitos consiste nas distintas maneiras com que eles orientam o comportamento humano. A função do instrumento é servir de condutor da influência humana sobre um objeto externo, levando necessariamente à mudança deste, controlando e dominando a natureza. Por outro lado, signo não modifica em nada o objeto da operação psicológica, ele é orientado internamente e serve para o controle do próprio indivíduo.

Vygotsky estendeu este conceito de mediação na interação homem-ambiente pelo uso de instrumentos, ao uso de signos. Os sistemas de signos (a linguagem, a escrita, os sistemas de números), assim como o sistema de instrumentos, são criados pelas sociedades ao longo do curso da história humana e mudam a forma social e o nível de seu desenvolvimento cultural. Ele acreditava que a internalização dos sistemas de signos produzidos culturalmente provoca transformações comportamentais e estabelece um elo entre as formas iniciais e tardias do desenvolvimento individual. (COLE et al., 1998 p.9-10).

Para Vygotsky (1998), na história natural da operação com signos, existem duas linhas de desenvolvimento que diferem quanto à origem. A primeira é relativa aos processos elementares, que são de origem biológica. E a segunda são as funções psicológicas superiores, de origem sociocultural. A história do comportamento de um indivíduo nasce da mistura dessas duas linhas. As raízes do desenvolvimento de duas formas fundamentais, culturais, de comportamento, surgem durante a infância: o uso de instrumentos e a fala humana.

A história do homem permite verificar a utilização de signos como instrumentos psicológicos em várias situações. Em sua forma mais simples, o signo é uma marca externa, que ajuda o indivíduo em tarefas que exigem atenção e memória. Assim acontecia com o homem das cavernas quando fazia riscos em paredes de grutas. Com base em desenhos de astros celestes como o sol, a lua e as estrelas feitos na mesma época, acreditamos que eles serviam para contar o tempo, permitindo que os homens realizassem os seus rituais religiosos no período certo. Dessa forma, os riscos permitiam ao homem primitivo armazenar informações sobre determinada quantidade de tempo muito superior a que ele poderia guardar na memória.

Para saber quando seriam os novos rituais religiosos, em momentos posteriores, poderia recuperar as informações contidas nos sinais. É nesse sentido que os riscos são signos. Eles são interpretáveis como representação da realidade e podem se referir a eventos futuros. Da mesma forma, quando uma pessoa faz um nó em um lenço para ajudá-la a lembrar de algo, ela está construindo um processo de memorização, fazendo com que um objeto externo relembre-a de tal fato. Isso é referente às formas superiores de comportamento. Assim, as pessoas podem criar por si mesmas um elo temporário através de uma combinação artificial de estímulos. Para não esquecer fatos históricos, muitos monumentos têm sido construídos. Em todos os casos, no nó, no monumento e na pintura rupestre, Figura 3, há manifestações do aspecto mais fundamental e típico que difere a memória humana da memória dos animais: a capacidade de relacionar um símbolo a algum fato passado ou futuro.

Figura 3 – Pintura rupestre



Fonte: Portal da arte (2005).

Assim a memória mediada por signos é mais eficiente que a não mediada. São várias as formas de utilizar os signos como instrumentos psicológicos que auxiliam no desempenho de determinadas atividades. Quando se utiliza um ímã de geladeira com o telefone de um táxi, uma lista de compras por escrito ou um manual para construir um brinquedo, está se recorrendo à mediação por signos. Isso melhora o controle da ação psicológica e a possibilidade de armazenamento de informações.

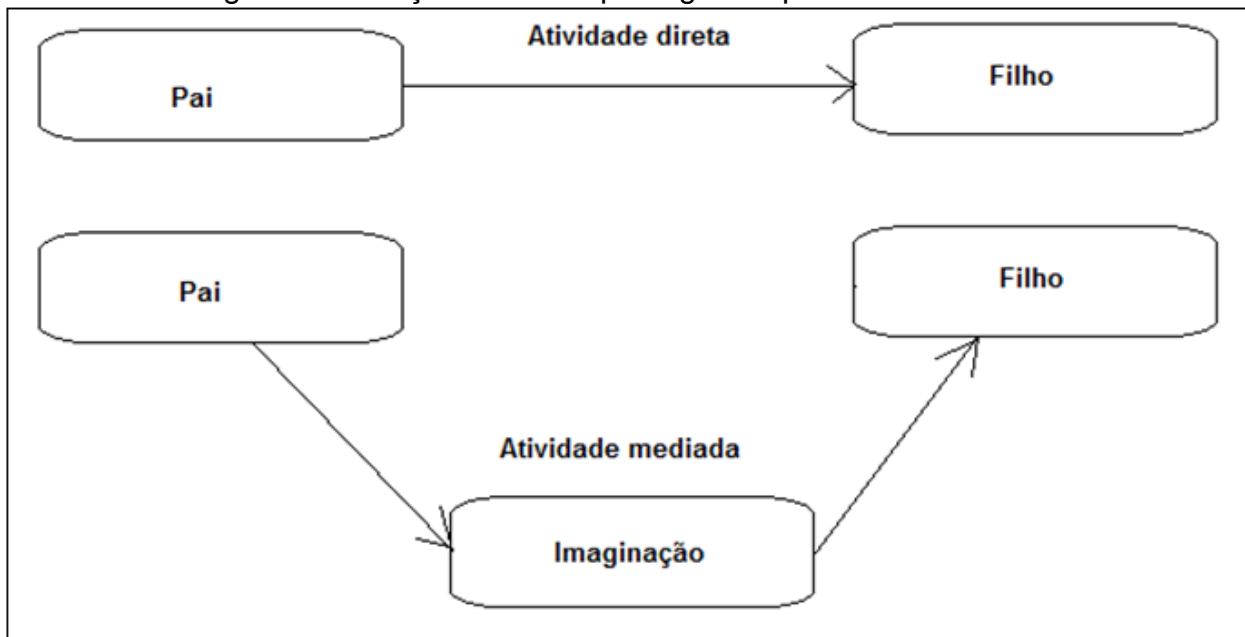
Outro ponto importante é o processo de internalização dos signos. Segundo, Vygotsky (1998), o processo de internalização é a reconstrução interna de uma operação externa. Um exemplo pode ser o ato de um bebê apontar em direção a um brinquedo. Inicialmente, é apenas um movimento, mas, quando sua mãe percebe tal gesto, ela logo leva o brinquedo até sua mão. Assim, o bebê interpreta que aquele movimento faz com que um adulto pegue algo para ele, internalizando assim este significado. Neste trabalho, na elaboração do roteiro, a sequência de atividades foi pensada de maneira que os signos vão aos poucos se estabelecendo, principalmente após a utilização software *Modellus*. A partir desse momento, os conceitos sobre gráficos começam a ser internalizados. Ao ver as imagens dos objetos se movendo e a construção de gráficos em tempo real, os alunos têm a chance de começar a reconstruir internamente uma imagem externa. Em consequência disso e em conjunto com outros fatores sociais e históricos, o aprendizado vai sendo construído.

Há três transformações no processo de internalização, segundo Vygotsky (1998):

- 1) Uma operação que inicialmente representa uma atividade externa é reconstruída e começa a ocorrer internamente, isto ocorre por meio do uso dos signos. Há um desenvolvimento da inteligência prática, da atenção voluntária e da memória.
- 2) Um processo interpessoal é transformado num processo intrapessoal. Na criança o desenvolvimento ocorre primeiro no nível social (interpsicológico) e depois no interior da criança (intrapsicológico).
- 3) Outra transformação no processo de internalização dos signos e que ocorre com o passar do tempo, é entendido como se as marcas externas fossem se tornando elementos mediadores internos.

O processo citado acima é resultado de uma série de eventos ocorridos ao longo do desenvolvimento. Os elementos mediadores internos são representações mentais que substituem os objetos do mundo real. Assim, o homem pode libertar-se do espaço e do tempo, imaginando, planejando ou tendo intenções na ausência das próprias coisas. Podemos pensar em ter uma criança pequena que ainda não existe. Imaginá-la dormindo em um berço que no momento está vazio e pretender tê-la nos próximos meses. Essas possibilidades não constituem uma relação direta com o mundo real fisicamente presente. A relação é mediada por signos internalizados que representam elementos do mundo, libertando o homem da interação concreta com objetos, como visto na Figura 4.

Figura 4 - Relação mediada por signos: tipos de atividade



Fonte: Adaptada de (OLIVEIRA, 1997, p.32).

A linguagem é o sistema simbólico básico de todos os grupos humanos. É o grupo cultural onde o indivíduo nasce que determina as formas de perceber e organizar o real, as quais vão constituir os instrumentos psicológicos que farão a mediação entre este indivíduo e o mundo. A palavra “computador” que pertence a certa categoria de objetos do mundo real é um signo mediador entre o indivíduo e o computador enquanto objeto concreto. Se a um indivíduo de determinado grupo social aborígene nativo, por exemplo, lhe for apresentado um computador pela primeira vez, ele não terá condições de interpretá-lo como tal. Não terá representação simbólica ou instrumentos psicológicos que permitam a compreensão deste objeto.

As duas principais funções da linguagem, segundo Vygotsky (2000), são o intercâmbio social e o pensamento generalizante. O primeiro diz que o homem, para se comunicar com seus semelhantes, cria e utiliza sistemas de linguagem baseados em emoções, gestos, expressões ou signos. Quando um grupo social utiliza a palavra gato para determinar um devido felino, todos os indivíduos compartilham do mesmo significado. Isso acontece devido ao pensamento generalizante. A linguagem manipula o real, agrupando classes de objetos, eventos, situações. Um gato particular é um conjunto abstrato de objetos de uma mesma categoria, diferentes de outras categorias como “cão”, “abelha”, “elefante” etc. A linguagem é

um instrumento de pensamento que fornece conceitos e formas de organização do real que fazem a mediação entre o sujeito e o objeto.

A perspectiva de Vygotsky considera a importância do contexto histórico e social no ato de aprender. Se formos pensar a educação há 50 anos, não encontramos nenhum indício de que a tecnologia seria usada de forma tão premente como nos dias atuais. A necessidade surgiu com os imperativos do tempo. Primeiro surgiram os computadores; em seguida, a *internet*, que logo se disseminou; algum tempo depois, foram aparecendo diversos objetos de aprendizagem, incluindo alguns tipos de simulações, e alguns educadores foram se apropriando deles para aperfeiçoar a prática pedagógica. Sabemos que essa prática continua sendo construída e reconstruída permanentemente, pois está diretamente relacionada às necessidades do tempo presente. No futuro, as demandas sociais e as necessidades dos alunos e os cenários poderão ser outros.

2.2 Desenvolvimento e aprendizado

Os principais tópicos das obras de Vygotsky dizem respeito às relações entre desenvolvimento humano e o processo do aprendizado. No entanto, ele busca compreender o desenvolvimento dos processos psicológicos ao longo da história do ser humano e da história do indivíduo. Ao enfatizar esse processo de desenvolvimento, ele utiliza a chamada abordagem genética, que não está relacionada à questão biológica associada aos genes e, sim, à origem do processo de desenvolvimento. Oliveira (1997, p. 56) comenta essa relação:

Existe um percurso de desenvolvimento, em parte definido pelo processo de maturação do organismo individual, pertencente à espécie humana, mas é o aprendizado que possibilita o despertar de processos internos de desenvolvimento que, não fosse o contato do indivíduo com certo ambiente cultural, não ocorreriam.

Podemos pensar que o processo de leitura e escrita, em uma criança, por exemplo, só é possível devido ao ambiente sociocultural em que ela está inserida. Desta forma, ela despertaria seu processo de desenvolvimento interno que faria com que ela adquirisse essas habilidades. Pensando em uma criança que por alguma razão não tivesse contato com essa sociedade, como no filme *Mogli – o menino lobo* (2016), esse indivíduo não desenvolveria essas capacidades. Isso porque a

“sociedade” com que essa criança cresceu não tem traços ou características de uma sociedade humana. É apenas uma “criança selvagem” com qualidades semelhantes ao grupo de lobos que a criou. Assim, alguns aspectos do desenvolvimento humano desta criança ficam impedidos de ocorrer na falta de situações propícias ao aprendizado. Essas ideias são fundamentais para entender o conceito de zona proximal proposto por Vygotsky (1998, p.113).

Entendemos por nível de desenvolvimento real a ação que pode ser desenvolvida por um indivíduo sem a ajuda de outra pessoa. Por exemplo, quando uma criança consegue realizar uma atividade, como almoçar sozinha utilizando talheres. Devemos considerar, ainda, o fato de a criança realizar tarefas com a ajuda de adultos ou de companheiros mais capazes, o que é chamado de nível de desenvolvimento potencial. Isto é, o nível de desenvolvimento real é aquele relativo às funções mentais que já se estabeleceram como resultado de um ciclo de desenvolvimento completo, sendo aí definidas funções que já amadureceram. Por outro lado, o nível de desenvolvimento potencial é aquele mediado por uma pessoa mais experiente naquele determinado assunto, como o professor ou um aluno mais avançado. Assim, o desenvolvimento do indivíduo é caracterizado por etapas, sendo que aquelas já alcançadas são classificadas como consolidadas, e etapas posteriores, como aquelas em que a interferência de outras pessoas afeta o resultado da ação individual. É neste ponto que entra a ideia de interação social proposta por Vygotsky, em que o indivíduo constrói um processo de desenvolvimento psicológico.

[...] é o que nós chamamos a zona de desenvolvimento proximal. Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.
(VYGOTSKY, 1998, p.112)

A zona de desenvolvimento proximal está em constante transformação. A atividade que uma criança realiza hoje, com a ajuda de um adulto, conseguirá fazer amanhã de forma independente (OLIVEIRA, 1997, p. 59). Isso é confirmado por Vygotsky (1998), quando diz que essa zona define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas estão em estado embrionário. Isto é, como uma espécie de

“brotos” do desenvolvimento. Assim, esta zona permite-nos traçar o futuro imediato do indivíduo e seu estado dinâmico de desenvolvimento. Aquilo que é zona de desenvolvimento proximal hoje será o nível de desenvolvimento real amanhã, ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha no futuro. Porém, a criança somente se beneficiaria do auxílio na tarefa se já tiver um determinado nível de desenvolvimento. Como no exemplo anterior, se a criança já tivesse alguma coordenação motora para levar o garfo até a boca. Isto é, já foi desencadeado um processo de desenvolvimento dessa habilidade. Um bebê não se beneficiaria da ajuda do adulto numa tarefa como esta, uma vez que não está com maturidade física e psicológica para fazê-lo. O mesmo ocorre com os estudantes desta pesquisa, pois o conteúdo relacionado a gráficos de Cinemática é compatível com alunos de escolas particulares do 1º ano do Ensino Médio. Desta forma, o roteiro de uso do *Modellus* foi projetado para atuar na zona de desenvolvimento proximal do educando deste nível de escolaridade e especificamente de escola particular. É necessário, ainda, que este estudante já tenha participado de aulas teóricas de Cinemática, em Física, e de Funções, em Matemática. Assim, a transformação da zona de desenvolvimento potencial em zona de desenvolvimento real ocorre aos poucos. Desta maneira, aquilo que o aprendiz realizava com a ajuda do professor e do colega mais experiente, poderá ser realizado de forma independente no futuro. Dessa forma, acreditamos que foi desencadeado um processo de internalização dos signos, que começa a consolidar o aprendizado.

Segundo Vygotsky (1998), o aprendizado cria uma zona de desenvolvimento proximal, ou seja, ele desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar no meio social. Uma vez internalizados, esses conceitos se tornam aquisições do desenvolvimento independente do indivíduo. Portanto, o aprendizado é necessário ao processo de desenvolvimento das funções psicológico-culturais e típico do ser humano. Utilizando o conceito de zona de desenvolvimento proximal, o aprendizado eficiente é aquele que se adianta ao desenvolvimento.

A escola também tem papel fundamental no desenvolvimento psicológico do indivíduo. Ela deve ser direcionada não para etapas já alcançadas pelos alunos, mas para etapas ainda não adquiridas por eles. A distância entre o que o educando sabe e o que ele ainda pode aprender é essencial para a sua evolução.

O processo de ensino-aprendizagem na escola deve considerar inicialmente o nível de desenvolvimento real do aluno e ter objetivos adequados à faixa etária, ao nível de conhecimento e às habilidades deles. Devemos considerar também o nível de desenvolvimento potencial. É mais palpável explicar para uma criança da zona rural de onde vem o leite de vaca ou como colher frutos de uma árvore do que para uma criança do meio urbano. Isto porque a criança rural tem contato direto com animais e com a natureza, enquanto que a urbana tem contato mais indireto com estes.

O professor tem função muito importante. Ele deve interferir na zona de desenvolvimento proximal dos alunos, provocando avanços que não ocorreriam naturalmente (OLIVEIRA, 1997, p.62). Nesta pesquisa, o professor tem o papel de preparar o material, o software e conduzir a aplicação dos questionários, de modo a instigar a curiosidade e o interesse do aluno. Assim, um processo de maturação do conhecimento pode ser despertado. A interferência não só do professor, mas também dos seus colegas, faz com que o indivíduo se desenvolva melhor. Isto é, a interação social é essencial para seu crescimento.

A imitação, segundo Vygotsky (1998), não é vista como algo ruim no comportamento da criança. Não é apenas uma cópia da realidade ou um processo mecânico. Ela é uma reconstrução individual daquilo que é observado nos outros. É uma oportunidade de a criança realizar atividades que estão além de sua capacidade, o que contribui para seu desenvolvimento. Ao copiar a escrita de um adulto, uma criança está amadurecendo o seu processo de desenvolvimento que futuramente resultará no aprendizado da escrita. Este autor acredita que, na medida em que a criança imita os mais velhos em suas atividades padronizadas culturalmente, ela gera oportunidades para o desenvolvimento intelectual. Em princípio, seus jogos são lembranças e reproduções de situações reais; porém, por meio da imaginação e do reconhecimento de regras implícitas que dirigem as atividades reproduzidas em seus jogos, a criança adquire um controle elementar do pensamento abstrato. Dessa forma o brinquedo serve como auxiliar no processo de desenvolvimento. Assim, a importância da imitação pode ser ilustrada a seguir:

A experiência social exerce seu papel através do processo de imitação, quando a criança imita a forma pela qual o adulto usa instrumentos e manipula objetos, ela está dominando o verdadeiro princípio envolvido numa atividade particular. A criança, à medida em

que se torna mais experiente, adquire um número cada vez maior de modelos que ela compreende. (VYGOTSKY, 1998, p.29).

2.3 O papel do brinquedo no desenvolvimento

O brinquedo é percebido como essencial ao desenvolvimento da criança, pois funciona como um ensaio de seus futuros valores e papel na sociedade. Assim, o brinquedo antecipa o desenvolvimento. Com a ajuda dele, a criança começa a adquirir a motivação, as habilidades e as atitudes necessárias a sua participação social, a qual só pode ser completamente atingida com a assistência de outras pessoas mais experientes.

O ato de brincar tem uma função pedagógica importante no processo de evolução da criança. Ele cria uma zona de desenvolvimento proximal no indivíduo. Isto devido à criação de uma situação imaginária e a definição de regras específicas. A criança comporta-se de forma mais avançada do que na vida real e aprende a separar objeto e significado. A mesma relação pode ser percebida nos adolescentes, público-alvo desta investigação. O fato de usar a tecnologia, *games* e outros instrumentos digitais para facilitar o entendimento funcionam como um convite ao aprendizado.

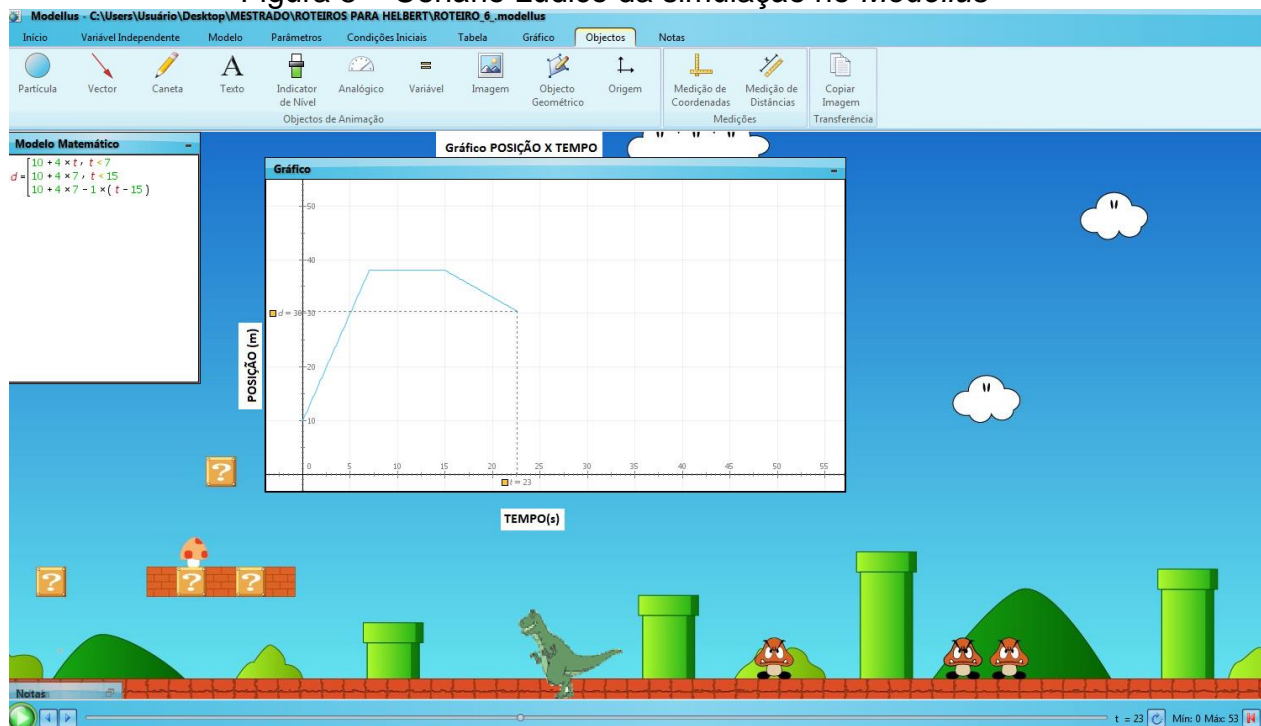
Segundo Vygotsky (1998), todo o avanço no desenvolvimento da criança está conectado com uma mudança acentuada nas motivações, tendências e incentivos. Assim, não devemos ignorá-los, nem tampouco as necessidades das crianças. O brinquedo tem papel importante nesta fase, pois a criança se envolve num mundo ilusório e imaginário onde os desejos não realizáveis podem ser concretizados por meio da brincadeira. Esse é o chamado caráter lúdico. É neste ponto que a criança aprende a agir numa esfera cognitiva, ao invés de uma esfera visual externa. Desenvolvendo, assim, o pensamento abstrato. Um exemplo disso é o jogo de xadrez, o qual cria um conjunto de regras e situações imaginárias. Desta forma, o cavalo, o rei, a rainha etc. só podem realizar movimentos determinados e uma peça pode “comer” a outra sob condições características de cada peça. Nesse sentido é criada uma nova relação entre o campo do significado e o campo da percepção visual, isto é, relação entre situações do pensamento e situações reais.

Nesta pesquisa, as atividades com o software *Modellus* têm justamente a finalidade de atuar como um brinquedo ou um jogo. Deste modo, procuramos

despertar o interesse e a imaginação dos alunos na medida em que eles usam o software. Durante a simulação, ao ver objetos ou personagens se movendo em determinado cenário e gráficos associados serem construídos, a aprendizagem pode se tornar mais eficiente e agradável. Como é possível perceber na Figura 5 a seguir. A janela mais a esquerda representa o modelo matemático, onde equações podem ser descritas da mesma forma como os estudantes aprendem em sala de aula. A janela do meio mostra a construção do gráfico relativo às equações introduzidas. Abaixo destas janelas, podem ser inseridos cenários e objetos, como carrinhos, naves espaciais ou até dinossauros que podem ser vinculados às equações inseridas inicialmente. Na parte inferior desta tela há botões de *play*, *pause* e passo a passo, que permitem que a simulação possa ser feita da maneira e no tempo em que o usuário desejar.

Assim, esperamos que os alunos consigam vencer boa parte dos obstáculos que eles têm normalmente nos conteúdos da Física, em particular nos gráficos de Cinemática.

Figura 5 – Cenário Lúdico da simulação no *Modellus*



Fonte: cenário de Nintendo (1995), arquivo de simulações desta pesquisa.

Outro exemplo é o uso de certos instrumentos por crianças de baixa renda. Apesar de elas não terem acesso a brinquedos pré-fabricados, conseguem brincar

de “carrinho”, “trenzinho” ou “casinha” com os recursos que têm em mãos, como pedaços de madeira ou pedras. Vygotsky (1998) vê o brinquedo como o meio principal de desenvolvimento cultural da criança. A formação de novos sistemas funcionais é semelhante à nutrição de um corpo. Certos nutrientes são aproveitados e outros são rejeitados. “Vygotsky propõe um paralelo entre o brinquedo e a instrução escolar: ambos criam uma ‘zona de desenvolvimento proximal’ e em ambos os contextos a criança elabora habilidades e conhecimentos socialmente disponíveis que passará a internalizar”. (JOHN-STEINER; SOUBERMAN, 1998, p.173).

Dessa forma a brincadeira, por mais simples que seja, não deve ser percebida como uma ação acessória ou desprezível, pois ela tem um papel importante no processo de aprendizado.

[...] o brinquedo cria uma zona de desenvolvimento proximal na criança. No brinquedo, a criança sempre se comporta além do comportamento habitual de sua idade, além de seu comportamento diário, no brinquedo é como se ela fosse maior do que é na realidade. Como no foco de uma lente de aumento, o brinquedo contém todas as tendências do desenvolvimento sob forma condensada, sendo, ele mesmo, uma grande fonte de desenvolvimento.
(VYGOTSKY, 1998, p.134)

Oliveira (1997, p.73) apresenta, por meio das ideias de Vygotsky, três fatores no desenvolvimento e aprendizado do indivíduo: percepção, atenção e memória. O primeiro, ao longo da história do desenvolvimento do indivíduo, principalmente após a internalização da linguagem e dos conceitos culturais, deixa de ser uma relação direta entre o meio e a pessoa, passando a ser mediada pelos conteúdos culturais. Assim, por exemplo, quando olhamos uma geladeira, não vemos uma grande caixa branca que tem portas e compartimentos, mas vemos imediatamente uma geladeira. Isto é, nossa relação de percepção não se dá em termos isolados, mas objetos e situações rotulados pela linguagem e pela cultura.

O segundo conceito, diz respeito à capacidade de o indivíduo dirigir sua atenção voluntariamente para onde desejar. Assim, se uma pessoa está trabalhando em um escritório barulhento, ela pode, normalmente, ser capaz de concentrar sua atenção em seu computador, “desligando-se” de estímulos externos do ambiente e realizando seu trabalho.

O terceiro fator é a memória. Ao longo do desenvolvimento do indivíduo, há uma poderosa influência dos significados e da linguagem. Existe a memória natural, não mediada, e a memória mediada por signos. A primeira é mais elementar e surge a partir de estímulos diretos. Como em um bebê, que ao receber a mamadeira faz movimentos de sucção. A segunda refere-se ao registro de experiências para recuperação posterior com a ajuda de elementos mediadores que contribuam para lembrar-se de conteúdos específicos. Desta maneira, controla-se o seu próprio comportamento pela utilização de instrumentos psicológicos e signos.

Nesse contexto, as atividades desenvolvidas, principalmente as que estão no roteiro do software *Modellus*, têm a função de melhorar o aprendizado e o desenvolvimento em gráficos de Cinemática. Em primeiro lugar, criam-se oportunidades para que a percepção do aluno seja desenvolvida quando este internaliza conceitos sobre os gráficos da Cinemática. Assim, ele pode perceber que o gráfico não é um conjunto de linhas sem significado, mas partes de uma abstração matemática que representam determinado movimento. O aprendizado também requer a atenção do estudante, e para tal utiliza-se como suporte o caráter lúdico das simulações no software. A memória, ao longo do desenvolvimento das atividades, pode internalizar conceitos e passar, principalmente no pós-teste, a ser mediada por signos. Desta forma, o software, que antes era apenas um instrumento mediador, aos poucos vai se tornando um signo mediador, podendo ser usado, posteriormente, quando a memória for solicitada.

3 METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO

Esse trabalho consistiu no desenvolvimento de um roteiro composto por sete situações relacionadas ao conteúdo de Cinemática, criadas a partir de simulações no software *Modellus*. Para facilitar o uso em sala pelos estudantes, foram criados sete arquivos para cada situação, do ROTEIRO_1_ ao ROTEIRO_7_, contendo configurações preliminares que direcionam a ação dos alunos. Para verificação da eficácia do uso do objeto de aprendizagem, foi feita releitura do teste TUG-K, criado por Beichner (1994). Com base neste material, foi aplicado um teste-piloto em uma turma do 6º período do curso de Física da PUC-Minas. Isso foi necessário para avaliar o conteúdo do teste, corrigir eventuais perguntas que não estavam claras o suficiente e verificar o tempo disponível para a atividade. Em seguida, a sequência de atividades foi aplicada em uma turma de 38 alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola particular de Vespasiano/MG. Ao final, também foi reservado um espaço para que o estudante pudesse dar sua opinião sobre a atividade.

O estudo foi realizado por meio da aplicação de um pré-teste, e após, por meio da aplicação de um pós-teste. Assim, foi possível verificar a eficiência do referido *software* e sua influência na superação de dificuldades dos alunos ao final do processo. Também foi observada a diferença na tomada de decisões dos alunos em cada etapa. Eles foram orientados a realizar os testes de maneira mais séria possível, pois estes seriam dados de uma pesquisa. Nas próximas páginas serão detalhados os passos seguidos para o desenvolvimento desta investigação.

3.1 Escolha do tema

Como já exposto no item 1.3, em que explicamos o uso e a importância de gráficos no ensino de Física, mais especificamente em conteúdos de Cinemática, se dá em virtude da presença constante desse conteúdo no Ensino Médio. Essa opção foi feita em consonância com as dificuldades percebidas nos alunos ao longo de minha trajetória como professor da disciplina. A escolha foi um processo natural, já que é de interesse investigar um tema presente no meu cotidiano e no dos alunos, entendendo que este é um tema importante não apenas para a vida escolar, mas para todo o percurso da vida do indivíduo.

A esta ideia também buscamos agregar o uso da tecnologia, tão presente na vida dos estudantes da atualidade. Assim, pretendemos associar um problema do presente a uma solução que tivesse boa aceitação por parte dos educandos. Daí a ideia de trabalhar com o software *Modellus*, que pode ser percebido como uma opção lúdica e curiosa de relacionar o conteúdo a situações reais.

3.2 Escolha do objeto de aprendizagem (OA)

Uma vez decidido trabalhar com um OA, foi feito um levantamento bibliográfico para encontrar critérios que permitissem a escolha de um software confiável e robusto, de modo que este pudesse oferecer recursos que atendessem ao propósito deste trabalho.

3.2.1 Critério para escolha do software adequado

Considerando a discussão entre modelagem e simulação do capítulo anterior, podemos dizer que neste trabalho foi utilizada uma “modelagem dirigida” na aplicação das atividades aos alunos. Isso significa que os estudantes têm um momento inicial em que “põem a mão na massa”, digitando equações que aprenderam na sala de aula, introduzindo parâmetros, objetos e imagens ao programa. Em um momento posterior, os jovens são convidados a fazer a simulação da situação que descreveram na modelagem. Neste contexto, o objeto de aprendizagem escolhido deve ser interativo, confiável e de fácil utilização.

Segundo Macêdo (2009, p.19), a escolha de um software adequado para gerar uma simulação de boa qualidade deve atender aos seguintes requisitos. Este autor se baseou nos critérios estabelecidos por Xavier, Xavier e Montse (2003), que são:

- a) Facilidade de utilização: o software deve ser de simples utilização, não oferecendo dificuldades na sua manipulação. Ele deve ser intuitivo e conter instruções de funcionamento. Neste trabalho isso será descrito no *Roteiro_modellus*. Se o programa requer muito tempo para ser aprendido é porque não deve ser usado.
- b) Grau de interatividade: o usuário deve ser capaz de interagir com o software. Introduzindo valores, variáveis, modificando imagens, apertando botões que

interferem na animação. É importante tomar cuidado com a quantidade de objetos, imagens e botões na tela, para que não sejam exagerados.

Neste trabalho, as simulações são precedidas de uma “modelagem dirigida” que permite aos alunos construir o modelo requerido. Todas as simulações são interativas. Objetos/personagens animados são colocados em movimento em um ambiente lúdico. Gráficos em tempo real descrevem estes movimentos e, a todo momento, o usuário pode alterar parâmetros e visualizar estes efeitos.

- c) Confiabilidade de origem: o software deve ter uma base físico-matemática de fonte confiável, sendo desenvolvido por pessoas reconhecidas pela comunidade científica, que possuam conhecimentos avançados dessas matérias e em programação de computadores. Isso deve permitir que os alunos, ao utilizarem o programa, não tenham uma visão distorcida da realidade.
- d) Disponibilidade temporal: muitos sites disponíveis na *Web* podem desaparecer inesperadamente. É importante evitar o inconveniente de o professor planejar uma aula, indicando o referido software e o aluno não conseguir fazer o *download* do programa, apesar de ser fácil de ser encontrado. Para evitar tais problemas, serão disponibilizados em *CD* ou em *pen drive* uma cópia do programa. Dessa forma, o roteiro de utilização do programa poderá ser utilizado também em escolas que não possuem acesso à *internet*.

3.2.2 Escolha do software *Modellus*

Neste trabalho, optamos por utilizar a modelagem e simulação provenientes do software *Modellus*². O software já é bastante utilizado e comentado pela comunidade científica há algum tempo, como nos trabalhos de: (ARAÚJO, VEIT, MOREIRA, 2004), (JUNIOR, CUNHA, LARANJEIRAS, 2012) e (LÓPEZ, VEIT, ARAÚJO, 2016).

A escolha se justifica por meio dos seguintes critérios:

² Software livre criado pelo professor Vitor Duarte Teodoro com a colaboração de João Paulo Duque Vieira e Felipe Clérigo na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Nova Lisboa, Portugal. Disponível em <goo.gl/bhdquB>

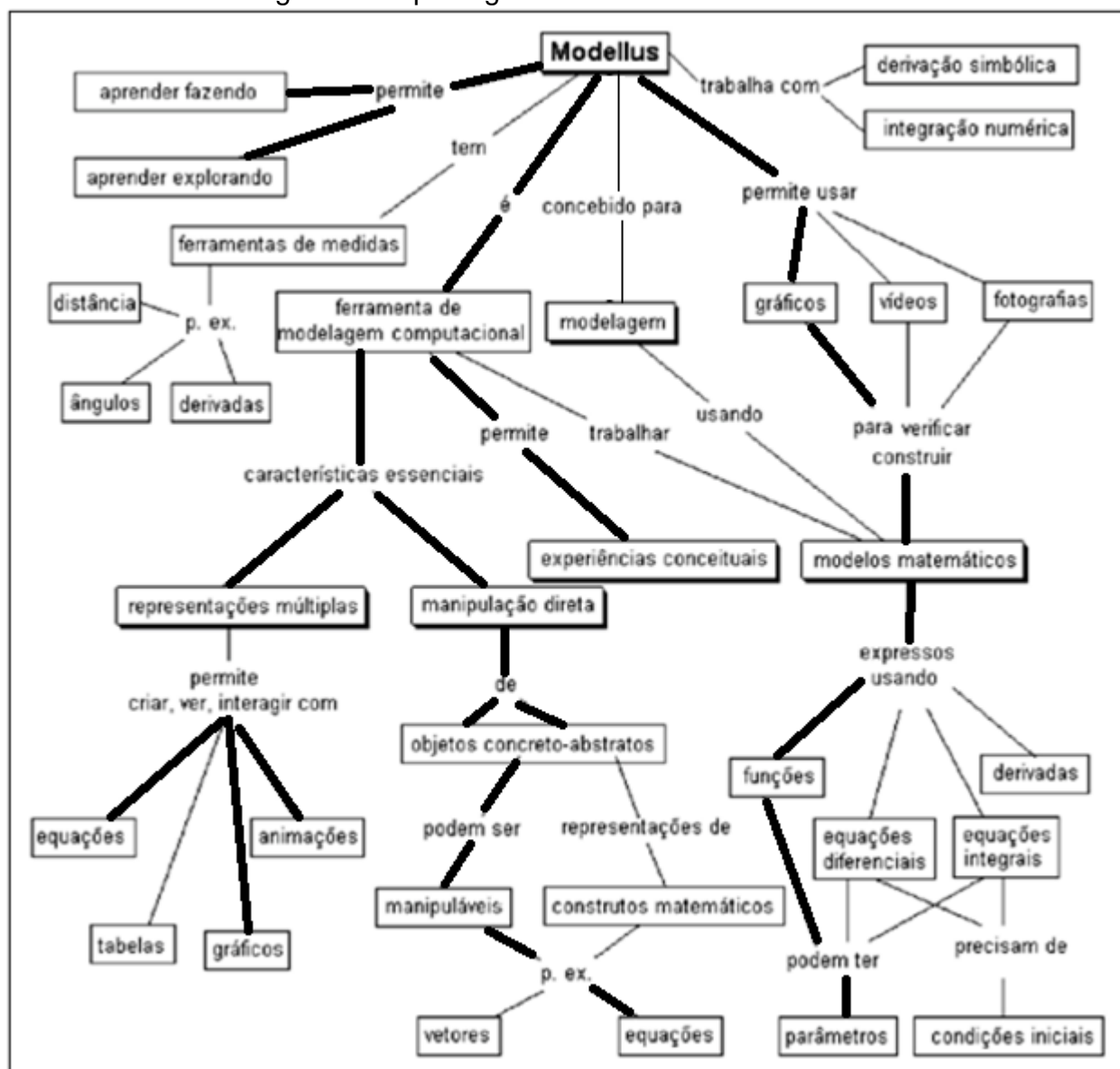
- a) Interface gráfica intuitiva, o que facilita a interação do aluno com os modelos e simulações em tempo real e a análise de vários parâmetros simultaneamente. Assim, o estudante pode modificar características dos elementos fundamentais que constituem a simulação como, por exemplo, a aceleração de um carro. O programa é adequado ao desenvolvimento de modelos computacionais e simulações relacionadas com o campo da dinâmica newtoniana.
- b) O programa apresenta animação do movimento em análise e a representação gráfica das grandezas físicas envolvidas no problema.
- c) Facilidade de visualização da movimentação do objeto/personagem e a construção em tempo real do gráfico correspondente. Assim, os alunos se tornam mais motivados, pois veem na prática os conceitos aprendidos em sala de aula. O que era até então abstrato passa a ser mais concreto. Nesse sentido, poderá ocorrer por parte do estudante uma melhor compreensão dos aspectos físicos e matemáticos que permeiam o conceito em estudo.
- d) O *Modellus* é um programa de distribuição gratuita que vem sendo bastante utilizado em vários países.
- e) O usuário pode escrever modelos matemáticos praticamente da mesma forma que no dia a dia. É dispensado, assim, o conhecimento de uma linguagem de programação.
- f) O professor pode desenvolver habilidades nos alunos como capacidade de investigação física, compreender enunciados que contém códigos, símbolos físicos, tabelas, gráficos ou relações matemáticas.
- g) Segundo Figueira (2005), o software é compatível com todos os sistemas operacionais encontrados no mercado, por isso atende aos critérios de portabilidade.
- h) Existe uma grande quantidade de tutoriais e vídeos com exemplos de problemas físicos disponíveis na *internet*.

Apesar de tantas vantagens, o *Modellus* apresenta alguns pontos de melhoria. Isso é retratado por Silva, Germano e Mariano (2011): “Podemos lamentar a ausência de alguns elementos de animação que são úteis na construção de uma simulação, por exemplo, não existe um elemento que represente a visualização do

comportamento de uma onda”. Realmente o programa poderia apresentar mais elementos gráficos, o que daria mais ênfase ao efeito lúdico.

É importante lembrar que o *Modellus* é apenas uma ferramenta complementar do processo ensino-aprendizagem. Não é objetivo deste trabalho sugerir que as aulas tradicionais sejam completamente substituídas pelo uso de objetos de aprendizagem. A literatura mostra que é justamente a variedade de práticas educativas, narrativas e metodologias que faz com que o ensino em sala de aula se torne mais rico e dinâmico. Alguns conteúdos aceitarão facilmente uma abordagem por meio de recursos digitais enquanto outros serão mais compreendidos se forem explicados de forma expositiva e com apoio do quadro. Acreditamos que essa escolha deve ser feita de acordo com o projeto pedagógico de cada instituição de ensino, com a disponibilidade do professor e também conforme o perfil da turma.

Na Figura 6, podemos ver um mapa cognitivo relativo ao software escolhido que fornece uma ideia geral da concepção e das possibilidades que podem ser desenvolvidas por meio de atividades utilizando o *Modellus*.

Figura 6: Mapa cognitivo do software *Modellus*

Fonte: Veit e Teodoro (2002).

Neste trabalho, os caminhos percorridos no mapa cognitivo da Figura 6 são: *Modellus* permite aprender fazendo e aprender explorando. Ele é uma ferramenta computacional que possui características essenciais como representações múltiplas e manipulação direta. A primeira permite criar, ver, interagir com equações, gráficos e animações. A segunda permite manipular objetos concreto-abstratos que podem ser obtidos a partir construções matemáticas como equações. O *software* permite ainda a realização de simulações e o desenvolvimento de modelos matemáticos, que podem ser verificados por gráficos, imagens ou fotografias. Esses modelos são expressos usando funções que têm determinados parâmetros.

3.3 Elaboração do roteiro de uso do software *Modellus*

Neste trabalho, elaboramos um roteiro para auxiliar o desenvolvimento de um conjunto de atividades práticas sobre conceitos da Física relacionados à Cinemática.

A interatividade com o *software* permite ao estudante testar hipóteses, visualizar situações e gráficos associados em tempo real. A sequência oferece um passo-a-passo das atividades e mostra figuras nas quais os educandos devem clicar ou escrever. Perguntas são feitas a todo momento para que o estudante construa seu conhecimento gradualmente.

Segundo Vygotsky (1998, p. 121) o uso de brinquedos e jogos funciona como apoio no processo de aprendizado e desenvolvimento. Acreditamos que este mesmo princípio pode ser usado para justificar o uso do referido *software* no ensino de cinemática, pois, ele também desperta interesse e motivação por parte dos alunos. O caráter lúdico das situações simuladas contribui para que níveis consideráveis de desenvolvimento sejam atingidos. Nesse sentido, o programa é usado como instrumento facilitador do processo de obtenção de conhecimento. Com o passar do tempo se torna um signo, um instrumento psicológico, que sofre um processo de internalização. Falaremos um pouco mais sobre isso no capítulo 4, no qual será apresentada a discussão dos resultados da pesquisa.

A criação deste roteiro, mostrado no apêndice A, foi feita após a realização de uma grande quantidade de testes no programa, além da visualização de uma série de vídeos explicativos sobre suas funcionalidades. Toda a modelagem e simulações indicadas no arquivo *Roteiro_modellus* também foram testadas inúmeras vezes, de modo a verificar a validade do conteúdo de Física abordado. Assim, o aluno ou o professor poderiam usar plenamente estas aplicações.

Foram criados cinco arquivos no *Modellus*, PARTE_1 até PARTE_5. Isso foi necessário para manter configurações pré-salvas de modo a tornar ágil a ação do estudante e evitar que este tivesse contato com partes muito aprofundadas do programa.

A PARTE_1 é relativa ao estudo do movimento retilíneo uniforme. Inicialmente, o estudante pode escolher qual personagem ou objeto será usado na simulação e deve escrever a equação sugerida. Um “Indicador de nível”³ é usado

³ Este é um recurso do *software Modellus* que permite ao usuário modificar a velocidade o objeto, variando a barra em nível mais baixo ou mais alto, de acordo com a velocidade desejada.

para variar a velocidade do personagem/objeto e verificar seu valor para cada construção em tempo real do gráfico posição por tempo. Assim, o educando pode visualizar a movimentação do personagem, a construção do gráfico associado e também pode testar várias hipóteses. Perguntas sobre a inclinação, que no caso é a velocidade, são feitas de modo a instigar o estudante a verificar se ela é constante ou variável, positiva ou negativa e qual o tipo de movimento.

Em seguida, o movimento retilíneo uniformemente variado é analisado. Os estudantes devem escrever a equação da distância deste tipo de movimento. Parâmetros iniciais podem ser modificados e o gráfico posição por tempo associado é mostrado, juntamente com a movimentação do objeto. Novas perguntas são feitas sobre inclinação, velocidade e a relação da equação escrita com uma função do segundo grau. Um ponto importante muito usado durante as simulações é o recurso oferecido pelo *Modellus* chamado estroboscopia, que permite ao educando visualizar a trajetória do objeto passo-a-passo, mostrando a sombra de onde ele passou.

A PARTE_2 busca incentivar o aluno a estudar o gráfico velocidade por tempo. Novamente, ele deve escolher o objeto/personagem e usa o “Indicador de nível” para variar a velocidade. Perguntas semelhantes são feitas a respeito da inclinação do gráfico, se o objeto acelera ou não e sobre o tipo do movimento.

A PARTE_3 tem o objetivo de mostrar, simultaneamente, os gráficos velocidade por tempo e aceleração por tempo. As equações são dadas e o educando pode alterar condições iniciais como velocidade e aceleração, visualizando o que ocorre na simulação.

Já nas PARTE_4 e PARTE_5, o estudante é convidado a simular um modelo matemático mais complexo, observando e respondendo algumas perguntas similares às citadas.

3.4 Elaboração do questionário pré- e pós-teste

Toda a construção dos testes foi uma adaptação dos conceitos criados por Beichner (1994, 1996). Mais precisamente do teste TUG-K (*test of understanding graphs in kinematics*), que avalia a compreensão de alunos do Ensino Médio em gráficos de Cinemática. Foram usadas também algumas ideias do teste FCI (*Force*

Concept Inventory) de modo a enriquecer cada uma das questões. Este último teste foi criado por Hestenes, Wells & Swackhamer, em 1992 e segundo Giolo (2014):

[...] consiste na investigação das percepções dos estudantes sobre o conceito de força, Cinemática, Primeira Lei de Newton, Segunda Lei de Newton, Terceira Lei de Newton, Princípio da Superposição em situações reais, que eles consideraram fornecer um perfil mais sistemático e completo dos equívocos dos alunos [...]. (GIOLO, 2014, p.18).

3.4.1 Pré-teste

O pré-teste, mostrado no apêndice C, consiste de cinco questões, sendo três objetivas e duas discursivas, cuja intenção é identificar os conhecimentos que o aluno já possui em relação aos variados tipos de gráficos. A primeira questão foi criada para avaliar se o aluno consegue interpretar o gráfico posição por tempo e apontar a descrição textual adequada do movimento. A questão dois tem por objetivo verificar se o estudante é capaz de assinalar o gráfico posição por tempo correspondente à descrição textual do movimento, no caso, o movimento retilíneo uniforme. A terceira questão busca identificar se o aluno entende conceitos relacionados ao movimento retilíneo uniformemente acelerado. Dada uma variedade de gráficos, como posição por tempo, velocidade por tempo e aceleração por tempo, o aprendiz deve ser capaz de interpretá-los, identificando, assim o tipo do movimento e se existe aceleração, se esta é constante, variável, positiva ou negativa.

Devido ao fato de algumas questões serem abertas, podemos desvendar melhor o pensamento do aluno, identificando o tipo de raciocínio, os erros de análise e as prováveis confusões na interpretação do gráfico e em cada resposta. Na questão quatro, o estudante deve ser capaz de analisar quantitativa e qualitativamente o gráfico posição por tempo. O objetivo é saber se o aluno consegue:

- a) Extrair do gráfico a distância percorrida em cada trecho ou identificar se o carro está parado.
- b) Explicar o que significa a inclinação do gráfico, que no caso é a velocidade.
- c) Identificar o sinal dessa grandeza e justificar, dizendo se ela é variável ou constante e em que trecho.

Já na quinta questão, o aluno deve ser capaz de interpretar o gráfico velocidade por tempo, extraindo dele o significado da inclinação, que no caso é a aceleração. E identificar o que ocorreu com o elevador, se acelerou ou desacelerou, se desceu ou subiu. É importante frisar que tudo isso deve ser justificado para que se possa compreender melhor o raciocínio do aluno.

3.4.2 Pós-teste

O pós-teste, mostrado no apêndice D, consiste de quatro questões, sendo duas objetivas e duas discursivas, cuja intenção é avaliar a assimilação do conteúdo. A primeira questão tem por objetivo verificar se o estudante é capaz de analisar um gráfico posição por tempo e marcar o gráfico velocidade por tempo correspondente a esse movimento. Essa pergunta testa se o aluno consegue relacionar um gráfico com outro de coordenadas diferentes. Além de requerer do aprendiz a correta interpretação da inclinação, ou seja, se a inclinação for menor, logo a velocidade é menor em módulo, e se a inclinação for maior, logo a velocidade é maior, também em módulo.

A segunda questão foi construída para avaliar se o aluno consegue interpretar o gráfico velocidade por tempo e elaborar uma descrição textual adequada do movimento. No caso, identificar se há aceleração, seu sinal, e se ela é constante em algum trecho. As duas últimas questões discursivas são exatamente as mesmas do pré-teste. Isto foi feito de forma proposital, de modo que se pudesse fazer uma comparação direta entre as respostas dos alunos anteriores à atividade do roteiro do programa *Modellus* e as posteriores a ele. Verificando, assim, possíveis mudanças de opinião, após o uso do software.

3.5 Teste do projeto-piloto

3.5.1 População pesquisada

A aplicação desta etapa do trabalho foi feita, primeiramente, com sete alunos do 6º período do curso de Licenciatura em Física da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas), em Belo Horizonte, no dia 20 de setembro de 2017, no período da tarde, em um laboratório de computação. O grupo foi composto por

quatro homens e três mulheres. Todos se mostraram comprometidos e interessados em realizar a atividade. Eles não serão identificados, por uma questão de privacidade. Assim, nos tópicos a seguir, nos referimos a eles como Aluno A, Aluno B, até Aluno G.

3.5.2 Metodologia de aplicação

Em aproximadamente uma hora e quarenta minutos foi desenvolvida, com os Alunos A, B, ...G, a sequência de atividades.

As atividades propostas foram realizadas em três etapas. Primeiro, um pré-teste, usado para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. Em seguida, foi aplicado o roteiro do programa *Modellus*, para modelagem, simulação e visualização da movimentação de objetos e da construção em tempo real de gráficos de Cinemática. Por último, foi aplicado um pós-teste para avaliar a evolução dos alunos após a atividade com o *software*. No Quadro 2, segue o cronograma da sequência de atividades.

Quadro 2 – Cronograma da sequência de atividades

Cronograma da sequência de atividades		
Horário	Atividade	Duração
13:30 às 13:50	Pré-teste	20 min.
13:50 às 14:50	Roteiro do <i>Modellus</i>	60 min
14:50 às 15:10	Pós-teste	20 min.

Fonte: dados da pesquisa.

A primeira observação é relativa ao início das atividades. Os alunos demoraram cerca de vinte minutos até se acomodarem e colocarem o software no ponto adequado. Alguns alunos conseguiram terminar o roteiro e preencher o pós-teste. No entanto, outros ficaram todo o tempo da aula desenvolvendo as atividade do roteiro e entregaram o pós-teste na aula seguinte. A segunda observação é que dois alunos, provavelmente aqueles que têm mais dificuldades, gastaram cerca de

sessenta minutos somente nas partes 1 e 2 do roteiro. Isso significa que não chegaram a fazer as partes 3, 4 e 5. Assim, consideramos que o tempo não foi adequado à quantidade de atividades propostas. Ainda mais levando em conta que, posteriormente, as atividades seriam aplicadas a estudantes do Ensino Médio.

O pré-teste foi realizado de forma individual. Já o roteiro e o pós-teste foram elaborados de modo que os alunos pudessem consultar um ao outro e ao professor, dessa maneira estas atividades foram feitas em grupos de dois alunos. Essa metodologia foi escolhida para atender a determinados pontos da teoria de Vygotsky, a respeito da influência do elemento mediador e da interação social no aprendizado.

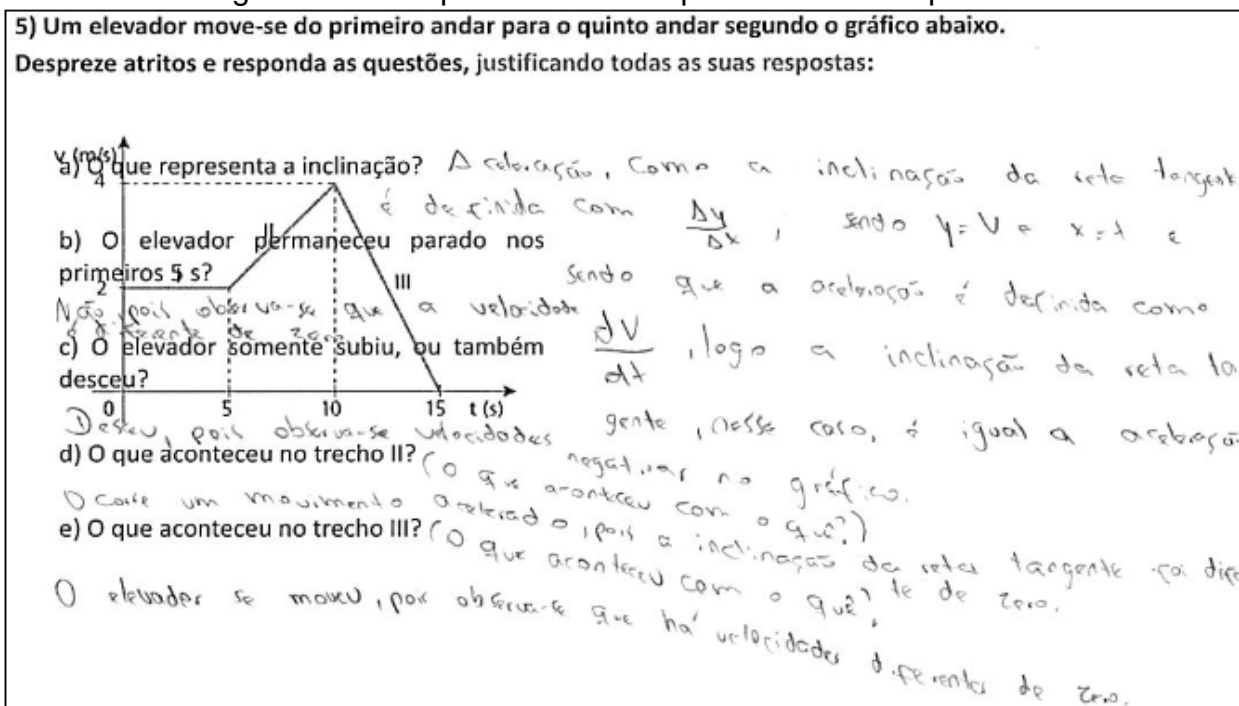
3.5.3 Reelaboração do roteiro *Modellus*

Na sequência de atividades do projeto-piloto, fizemos algumas constatações fundamentais para este trabalho. Durante a aplicação, percebemos que algumas orientações das questões do roteiro não estavam muito claras e certos alunos chegaram a nos perguntar sobre o que realmente estava sendo pedido na questão. Esse fato nos levou a fazer adequações no roteiro original.

Outro fator interessante diz respeito às orientações para a construção das equações no software. Percebemos que os alunos partiam direto para a digitação na plataforma, mas não observaram os pré-requisitos dessa construção. Um exemplo foi o sinal de multiplicação no *Modellus*, que não poderia ser representado por um “x” no programa, mas um por espaço simples do teclado. Como os estudantes não se atentavam para este detalhe na orientação da questão, acabavam partindo para uma construção equivocada da atividade.

Também percebemos outra questão que pode ter contribuído para as dificuldades desses alunos: um erro de impressão na questão 5 do pré-teste e na questão 4 do pós-teste, como mostrado na Figura 7. Este erro fez com que a figura ficasse sobreposta às perguntas no questionário, dificultando a visualização. Para amenizar o problema durante a aplicação, o gráfico foi desenhado no quadro em sala de aula.

Figura 7 – Exemplo do erro de impressão do teste-piloto



Fonte: dados da pesquisa.

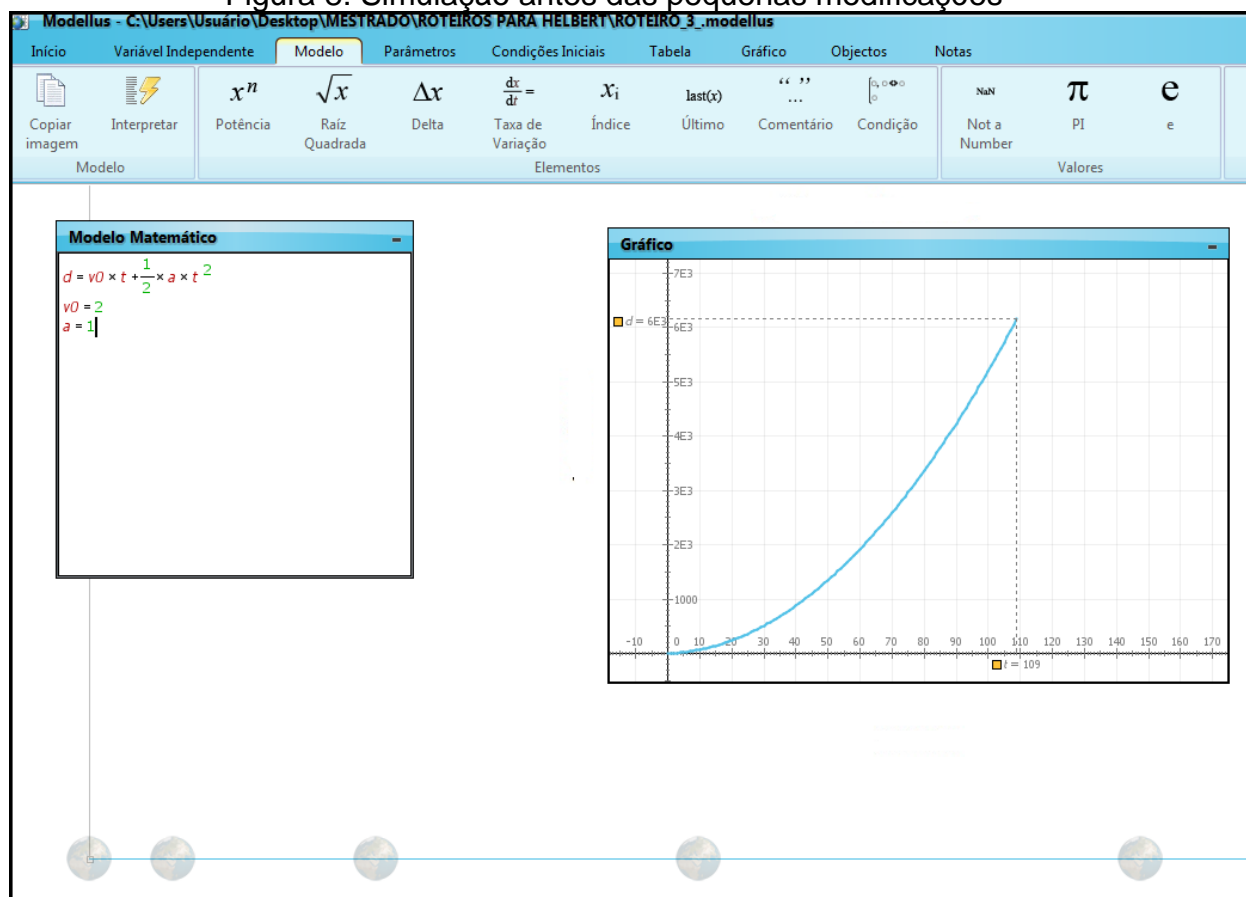
Constatamos com a aplicação do teste-piloto que realmente seriam necessárias algumas mudanças no roteiro. Em primeiro lugar, percebemos que a quantidade de atividades do roteiro estava ultrapassando o limite de tempo disponível em sala de aula. Assim, foi necessário reduzir bastante a parte de modelagem do *software* e manter maior parcela voltada para a simulação. Dessa forma, notamos que, com essas alterações, o exercício seria mais adequado aos alunos de Ensino Médio, tanto por uma questão de adequação do tempo de aplicação, quanto por uma questão de maturidade do raciocínio. Avaliamos que, se até alguns alunos do curso de Licenciatura de Física tiveram dificuldades para responder a tempo, os alunos do Ensino Médio também as teriam.

No novo roteiro, mostrado no apêndice B, foram adicionadas mais configurações pré-salvas, de modo a tornar ágil a ação do estudante e evitar que este tivesse contato com partes muito específicas do programa *Modellus*. Para que isso fosse possível, foi necessário aumentar a quantidade de arquivos. Agora, ao invés de PARTE_1 até PARTE_5, temos ROTEIRO_1 até ROTEIRO_7.

3.5.4 Otimização da simulação

Seguindo sugestões dos estudantes que participaram do teste-piloto, foram feitas algumas pequenas modificações nas simulações, de modo que, os futuros usuários deste programa tivessem melhor compreensão e visualização. Vejamos abaixo, um exemplo. A Figura 8 apresenta a simulação com gráfico sem indicação dos eixos. Foram feitas inúmeras tentativas de acrescentar os nomes das coordenadas e suas unidades, mas o software não oferece essa opção. Assim, foi feita uma adaptação na tela principal do programa, onde imagens feitas no *Microsoft Paint* foram introduzidas com os respectivos nomes e unidades dos eixos.

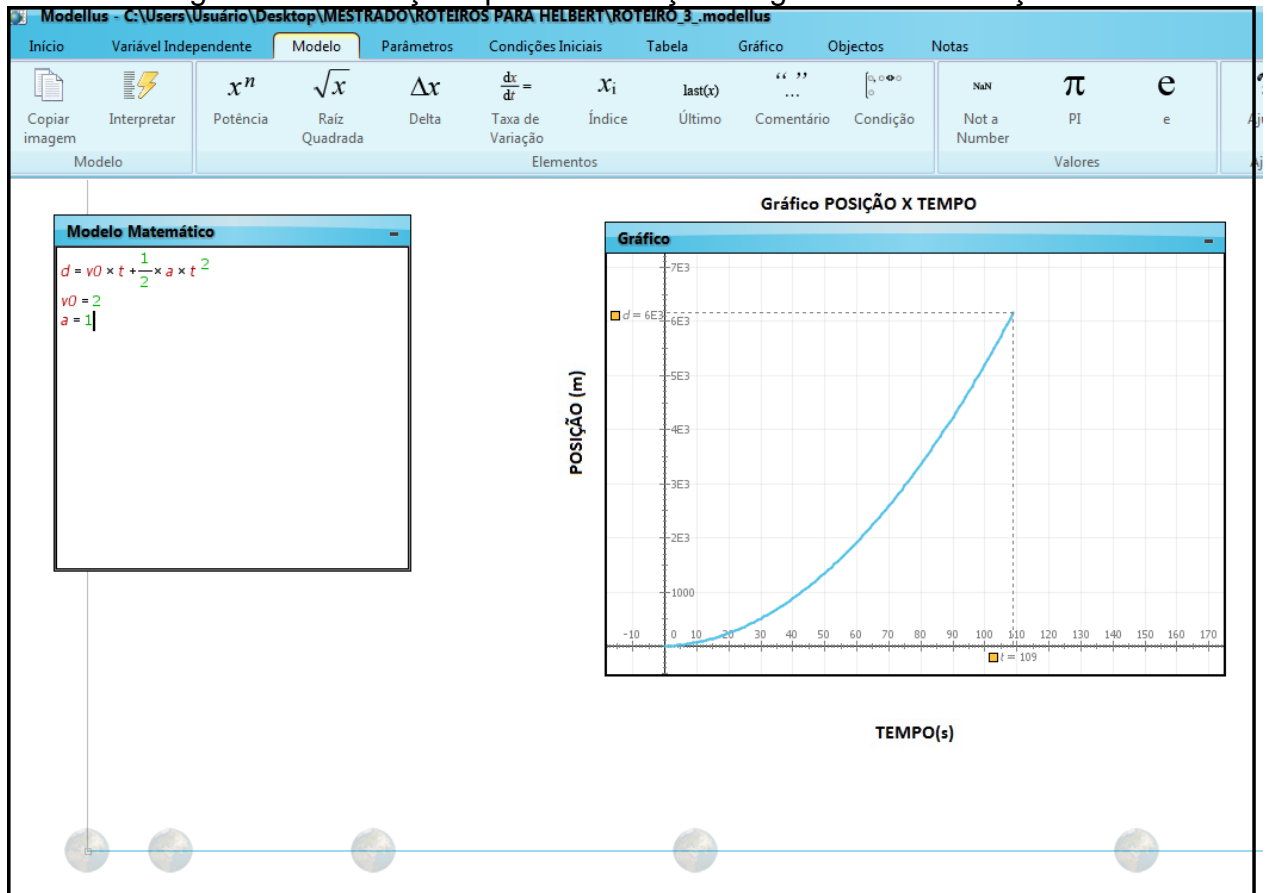
Figura 8: Simulação antes das pequenas modificações



Fonte: Simulação referente à pesquisa.

Na Figura 9 foram acrescentados o nome dos eixos x e y, com as respectivas unidades. Percebemos que, assim, a visualização do fenômeno relacionado ao gráfico ficou mais clara.

Figura 9 - Simulação após modificação no gráfico da simulação



Fonte: Simulação referente à pesquisa.

3.6 Aplicação do produto educacional

3.6.1 População pesquisada

A continuação deste trabalho foi a aplicação de todas as atividades em uma turma com 38 alunos de 1º ano do Ensino Médio de uma escola particular de Vespasiano/MG. Eles foram divididos em dois grupos. O grupo 1 foi composto por 20 alunos e o grupo 2 por 18 alunos. O número de homens e de mulheres foi bastante próximo. Todos se mostraram interessados em realizar a atividade. A condição determinada pela instituição para realização desta pesquisa foi que, tanto a escola como os alunos não fossem identificados. Apenas apontaremos alguns estudantes identificados por números.

3.6.2 Metodologia de aplicação

Foi feito um contato com um colega de mestrado em ensino de Física da PUC-Minas a fim de ceder duas aulas de uma hora e quarenta minutos para realização destas atividades.

As aulas aconteceram no laboratório de informática da escola. Observamos que esta sala é ampla e bastante equipada para a atividade. Possui computadores novos, quadro e dispõe de 24 vagas para alunos, sendo uma máquina para cada estudante. Existe ainda, um técnico de informática responsável pelo laboratório. Entramos em contato com ele, de modo a passar o software e os arquivos relacionados.

Assim, uma aula foi ministrada à primeira parte dos alunos, o grupo 1 e, a outra, na semana posterior, ao grupo 2, de acordo com a capacidade do laboratório de informática. Antes da aplicação, nós colocamos o software, já instalado anteriormente pelo técnico, no ponto adequado para o início das atividades. O professor titular da matéria apenas apresentou meu trabalho de pesquisa e a condução da aula foi passada para mim. Todo o processo da sequência de atividades, do auxílio aos alunos e na orientação do preenchimento do pré- pós-testes e roteiro também foram feitas por mim.

As atividades propostas foram realizadas em três etapas. Primeiro, foi aplicado um pré-teste, usado para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. Em seguida foi aplicado o roteiro do programa *Modellus*, para modelagem, simulação e visualização da movimentação de objetos e construção em tempo real de gráficos de Cinemática. Por último, foi aplicado um pós-teste para avaliar o desempenho dos estudantes após o contato com as atividades do *software Modellus*.

Como na aplicação piloto, os alunos foram orientados a realizar o pré-teste individualmente. No pós-teste, eles foram liberados a consultar um ao outro e ao professor. É importante observar que o professor atua com facilitador do processo ensino-aprendizagem, instigando o aluno a construir seu próprio conhecimento, e não como fornecedor de respostas. A mediação proposta por Vygotsky ocorre como um processo de intervenção de um elemento intermediário em uma relação entre o estímulo e a resposta, que deixa de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento. No caso, este poderia ser o aluno mais experiente, o professor ou o

próprio programa *Modellus*. Assim, a interação do estudante com o meio social contribui para o seu desenvolvimento.

O desenvolvimento dessas etapas ocorreu em uma hora e quarenta minutos, no período da manhã. O grupo 1 fez as atividades no dia 16 de novembro de 2017. Enquanto que o grupo 2, no dia 23 de novembro do mesmo ano. O Quadro 5 apresenta o cronograma da sequência de atividades.

Quadro 5 - Cronograma das atividades

Cronogramada sequência de atividades		
Horário	Atividade	Duração
7:00 às 7:05	Acomodação	5 min
7:05 às 7:25	Pré-teste	20 min.
7:25 às 8:25	Roteiro do <i>Modellus</i>	60 min.
8:25 às 8:45	Pós-teste	20 min.

Fonte: Aplicação do produto desta dissertação.

A partir do aprendizado com o teste-piloto, separamos cinco minutos para acomodação dos alunos, de modo a não prejudicar o início das atividades. Antes do início da aula, preparamos, juntamente com o técnico de informática da escola, cada um dos computadores. Isso ocorreu de maneira que o software *Modellus* e os arquivos estivessem abertos e prontos para uso. Assim, as aplicações de ambos os grupos ocorreram com sucesso. Todas as atividades foram realizadas completamente e no tempo previsto.

Observamos, ainda, que os alunos já haviam estudado Cinemática, assim, inferimos que eles já possuíam certo conhecimento a respeito do assunto.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Apresentamos, neste capítulo, a análise dos resultados relativa ao pré-teste e pós-teste, aplicados no projeto-piloto e na escola participante, de modo a respondermos às questões propostas neste trabalho. Efetuamos uma análise qualitativa dos dados.

4.1 Elaboração de objetivos e critérios para análise

Inicialmente, definimos os seis primeiros objetivos de nossas questões adaptados de Beichner (1994). Em seguida, são mostrados os outros seis objetivos, de 7 a 12, que criamos para este trabalho.

Objetivos a que o estudante deve cumprir:

- 1) Dado um gráfico posição x tempo, deverá determinar a velocidade;
- 2) Dado um gráfico velocidade x tempo, deve determinar a aceleração;
- 3) Dado um gráfico da aceleração x tempo, deve determinar a variação da velocidade;
- 4) Dado um gráfico de Cinemática, deve selecionar outro gráfico correspondente;
- 5) Dado um gráfico de Cinemática, deve selecionar a descrição textual adequada;
- 6) Dada uma descrição textual do movimento, deve selecionar o gráfico correspondente;
- 7) Dado um gráfico posição x tempo, deve determinar a distância percorrida;
- 8) Dado um gráfico de Cinemática, determinar se o objeto está em repouso ou em movimento;
- 9) Dado um gráfico de Cinemática, descobrir qual variável é a inclinação;
- 10) Dado um gráfico de Cinemática, verificar o sinal da velocidade em cada trecho;
- 11) Dado um gráfico de Cinemática, determinar se a velocidade é constante ou variável em cada trecho;

- 12) Dado um gráfico de Cinemática, descobrir se o objeto está acelerando ou desacelerando.

O Quadro 3 apresenta uma classificação de tipos de dificuldades propostos por Beichner (1994) e que aqui serão classificadas de D1 até D6.

Quadro 3 - Classificação dos tipos de dificuldades

Classificação	Dificuldades	Indicador das dificuldades
D1	Ver o gráfico como fotografia do movimento	O gráfico não é visto como uma representação matemática abstrata, mas sim como uma duplicação concreta da situação.
D2	Confusão entre inclinação e altura	São atribuídos valores lidos nos eixos diretamente à inclinação.
D3	Confusão entre variáveis	Não diferenciar entre distância, velocidade e aceleração. Alguns alunos acreditam que os gráficos com essas variáveis devem ser idênticos.
D4	Determinação errada da inclinação de retas que não passam pela origem	Os alunos encontram com sucesso a inclinação das retas que passam pela origem. No entanto, eles têm dificuldade em determinar a inclinação de uma reta se esta não passar pela origem.
D5	Ignorância das áreas	Não reconhecer o significado das áreas sob as curvas de gráficos da Cinemática.
D6	Confusão inclinação/altura/área	Calcular inclinações ou usar de forma inadequada valores dos eixos quando os cálculos de área são requeridos.

Fonte: Adaptação de Beichner (1994), tradução nossa.

No entanto, acreditamos ser necessário criar mais alguns tipos de classificação para determinar outros tipos de dificuldades que não se encaixavam no Quadro 3 e foram observadas no grupo de alunos estudados. Vejamos no Quadro 4.

Quadro 4 - Classificação dos tipos de dificuldades adicionadas

Classificação	Dificuldades	Indicador das dificuldades
D7	Confusão entre deslocamento e distância percorrida	O aluno lê no gráfico valores de posição, e ao invés de atribuir a variação desta grandeza ao deslocamento, os considera distância percorrida.
D8	Confusão no momento de caracterizar a situação da inclinação	Alguns alunos não conseguem diferenciar se a inclinação é positiva, negativa, nula, constante ou variável.

Fonte: Criação do autor desta dissertação.

Uma vez definidos os objetivos e as classes para classificação das dificuldades dos alunos, os dados coletados foram analisados. Apresentamos inicialmente os resultados do projeto-piloto, e em seguida os resultados da aplicação no Ensino Médio.

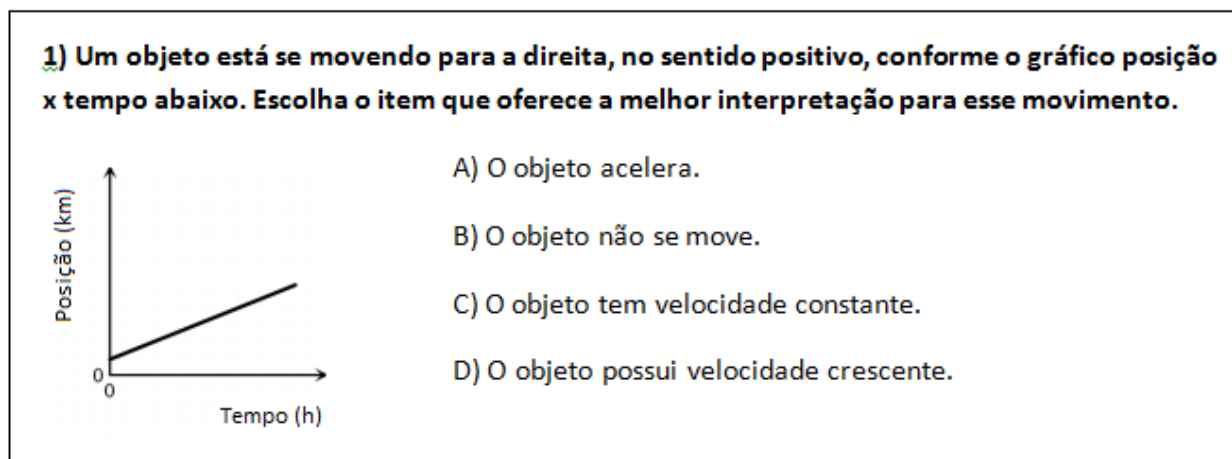
4.2 Análise dos resultados do projeto-piloto

4.2.1 Pré-teste

A primeira questão, mostrada na Figura 10, teve como objetivo principal verificar se o aluno conseguia interpretar um gráfico da posição em função do tempo, avaliando qualitativamente a velocidade, a descrição do movimento nas alternativas, e se existe aceleração ou se o corpo está em repouso. Assim, os objetivos 1, 5, 8, 11, e 12 foram requeridos.

Na análise desta questão, quatro graduandos responderam corretamente, marcando a letra 'C', porém o restante marcou letra 'D'. Assim estes são classificados como tendo dificuldade D1, uma vez que ao observarem o crescimento do gráfico, interpretaram que a velocidade era crescente.

Figura 10 - Questão 1 do pré-teste



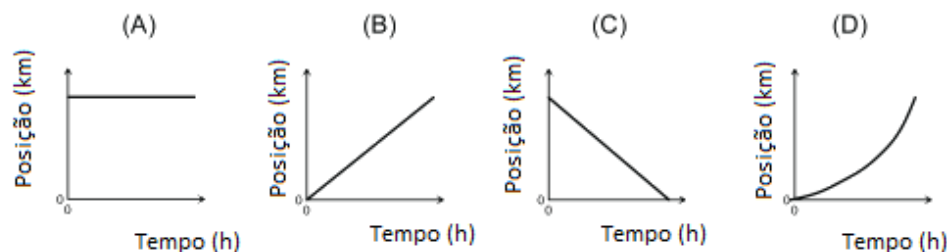
Fonte: dados da pesquisa.

A segunda questão, mostrada na Figura 11, teve a meta de verificar se o estudante é capaz de assinalar o gráfico posição por tempo correspondente à descrição textual do movimento retilíneo uniforme. Foram avaliados também qualitativamente a velocidade, a aceleração e se o objeto está em repouso ou não. Assim, os objetivos 6, 8, 10 e 12 foram solicitados.

Analisando as respostas, vemos que cinco alunos marcaram a letra 'B', que é a correta. No entanto, os outros dois graduandos marcaram 'A', os quais foram classificados como tendo dificuldades D1 e D3. Isto porque confundiram uma linha horizontal, indicando posição constante, com velocidade constante. O aluno C revelou certa incoerência, pois na questão 1, marcou velocidade crescente e, na questão 2, a qual pedia velocidade constante, marcou alternativa semelhante, a 'B'. Provavelmente, isso ocorreu, de forma qualitativa, à dificuldade D4, pois na questão 1, o gráfico posição x tempo não começa na origem e na segunda questão começa deste ponto.

Figura 11 - Questão 2 do pré-teste

2) Um caminhão move-se em uma estrada reta com velocidade constante e positiva. Despreze os atritos. Qual dos gráficos abaixo melhor representa esse movimento?

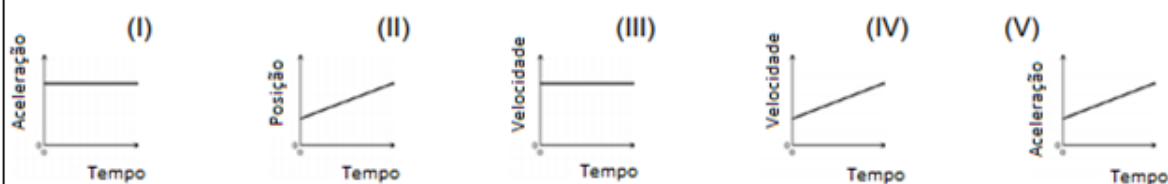


Fonte: dados da pesquisa.

A terceira questão, mostrada na Figura 12, busca identificar no aluno conceitos relacionados ao movimento retilíneo uniformemente acelerado, diferenciando-o do retilíneo uniforme e do retilíneo acelerado. Dada uma variedade de gráficos, como posição por tempo, velocidade por tempo e aceleração por tempo, o aprendiz deve ser capaz de interpretá-los, identificando, assim, o tipo do movimento. Deve ser capaz também de identificar se existe aceleração, se ela é constante ou variável, positiva ou negativa. Desse modo, foram requeridos, mesmo que qualitativamente, os objetivos 1, 2, 3, 5, 9, 11 e 12. A maioria, no caso seis estudantes, marcou a alternativa “D”. Apenas o aluno E marcou letra “A”, o que foi característico da dificuldade D3, juntamente com a D1.

Figura 12 - Questão 3 do pré-teste

3) Considere os gráficos abaixo com diferentes eixos:



Quais desses representam um movimento uniformemente acelerado, isto é com aceleração constante e positiva?

- A) II e III B) IV e V C) II e V D) I e IV

Fonte: dados da pesquisa.

A quarta questão é aberta, os itens vão da letra ‘a’ até ‘g’. As letras ‘a’ e ‘c’ têm o mesmo objetivo, o 7, que é determinar a distância percorrida em um gráfico

posição por tempo. Seis alunos escreveram a resposta correta, que é 40 km, na letra 'a'. O aluno F errou, apresentando dificuldade D7, uma vez que apenas leu no gráfico a posição 80 km, escrevendo esta como resposta. Na letra 'c', o aluno E, com dificuldade também D7, que ao interpretar que o carro andou 40 km em um sentido, parou, e depois percorreu 80 km no sentido oposto, considerou o deslocamento do carro, como sendo a distância percorrida. Ao invés de escrever a resposta correta, 120 km, indicou 40 km como resposta.

A letra 'b' requeria o objetivo 8, sendo que seis estudantes responderam que o carro estava em repouso, o que é correto. O aluno D respondeu que "a velocidade ficou constante", o que é característico das dificuldades D1 e D2. Confundindo a inclinação, que é a velocidade; com a altura, que é a posição. Assim, por se tratar de uma reta horizontal, a velocidade é zero.

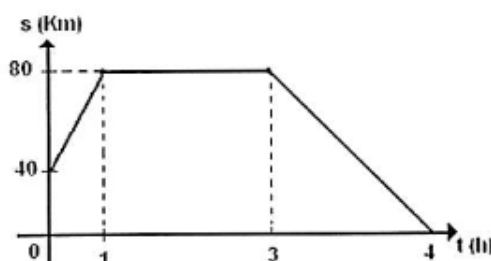
A letra 'd' buscava que o aluno identificasse qual variável era a inclinação. Cinco estudantes responderam "velocidade" e os outros dois responderam "aceleração", o que é típico da dificuldade D3.

Na letra 'e', cujo objetivo é identificar o sinal da velocidade, todos os alunos acertaram. No entanto, quando se pedia, na letra 'f' um trecho do gráfico com velocidade negativa, apenas cinco estudantes acertaram. Classificamos que os dois estudantes apresentaram a dificuldade D8.

Na letra 'g', a qual tinha o objetivo 11, dois graduandos confundiram a inclinação como sendo a aceleração e, portanto, responderam que o carro foi desacelerando. Classificamos, assim, como tendo dificuldade D3. Em seguida, vejamos na Figura 13, um exemplo do aluno B, que apresentou respostas coerentes com o conhecimento escolar.

Figura 13 - Resposta do aluno B a questão 4 do pré-teste

4) Um carro parte da posição km 40 e move-se para frente, no sentido positivo da trajetória. Dado o gráfico posição x tempo abaixo, responda os itens a seguir:



a) Quantos quilômetros o carro percorreu na primeira hora de viagem?

40 km

b) O que aconteceu entre a primeira e a terceira hora? Justifique.

O carro ficou parado.

c) Quantos quilômetros o carro percorreu ao todo?

120 km

d) O que representa a inclinação? Explique.

A inclinação do gráfico representa a velocidade do veículo.

e) Qual o sinal da velocidade na primeira hora de viagem?

Sinal positivo

f) Qual o sinal da velocidade no intervalo entre a 3h e a 4h de viagem? Por que?

Sinal negativo pois se movimenta em direção a origem.

g) A velocidade na primeira hora e entre 3h e 4h foi constante? Por que?

Sim, porque a inclinação do gráfico permanece constante nesse período.

Fonte: dados da pesquisa.

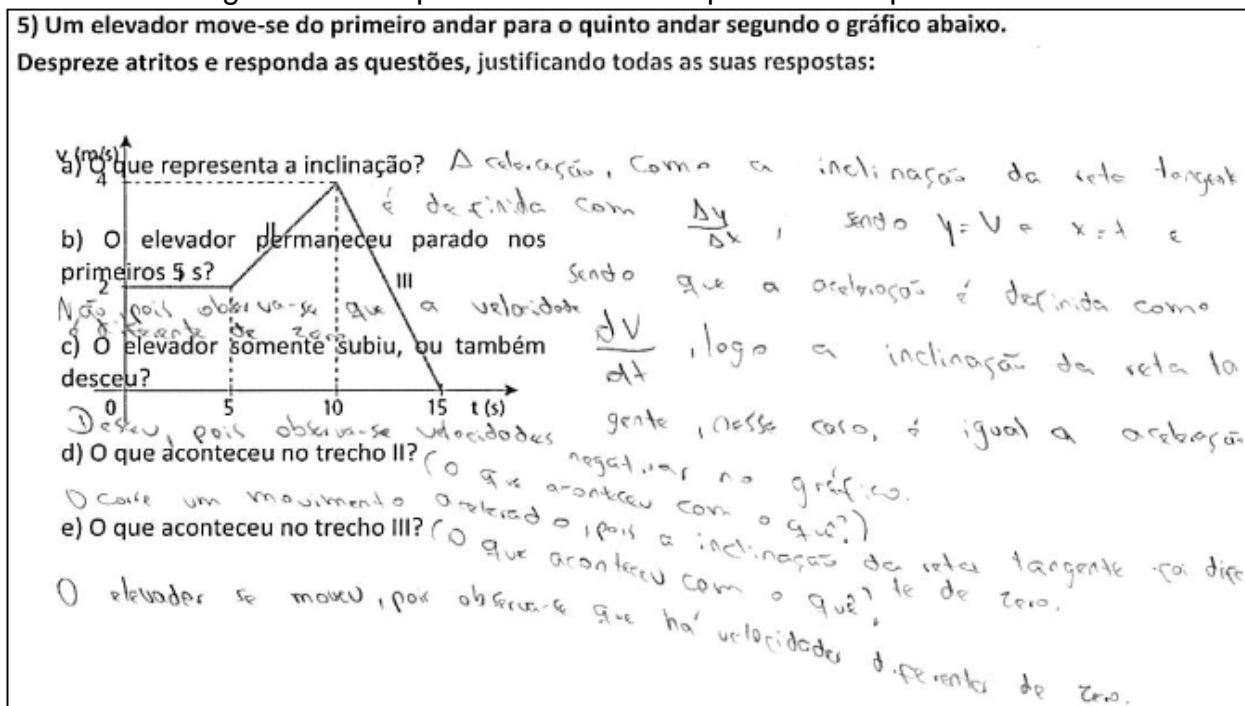
A quinta questão apresenta cinco itens, da letra 'a' até 'e'. O objetivo da letra 'a' é identificar a inclinação do gráfico velocidade por tempo. Cinco alunos acertaram ao escrever "aceleração", porém, os outros dois a consideraram como "a subida e a descida do elevador". Eles assumiram o gráfico como fotografia do movimento e não como uma abstração matemática de uma função. Esse mesmo erro ocorreu com três estudantes nas letras 'c', 'd' e 'e'. Classificamos, portanto, como dificuldade D1. Além disso, podemos considerar também como D3, as respostas das letras 'd' e 'e', isso porque houve confusão ao diferenciar velocidade e aceleração.

Na letra 'b', cujo objetivo era identificar se o elevador estava em movimento ou repouso, seis estudantes acertaram. Porém, o único aluno que errou pode ser classificado com dificuldade D8. Isso ocorreu porque a inclinação é zero, assim, a aceleração é nula, e, portanto, a velocidade é constante.

A Figura 14 mostra a resposta do aluno G. Ele identificou corretamente a inclinação como aceleração, apesar disso, considerou que o elevador também

desceu, citando de forma errada que, na letra 'c', o gráfico possuía velocidades negativas.

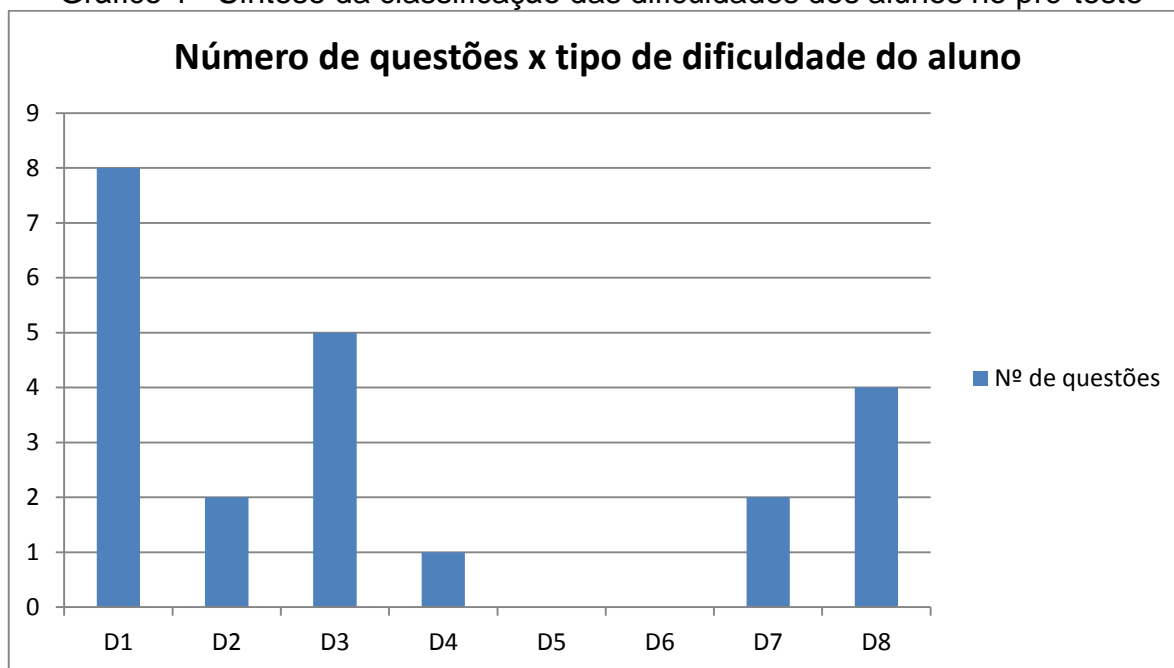
Figura 14 - Resposta do aluno G à questão 5 do pré-teste



Fonte: dados da pesquisa.

O Gráfico 1 e a Tabela 1 sintetizam os resultados. Eles mostram que as maiores dificuldades dos graduandos são: ver o gráfico como fotografia do movimento (D1), confusão de variáveis (D3) e não conseguir determinar a situação da inclinação (D8). O número de questões corresponde ao total de questões mais os itens das questões 4 e 5, perfazendo um total de 15 (como mostrado na Tabela 1).

Gráfico 1 - Síntese da classificação das dificuldades dos alunos no pré-teste



Fonte: dados da pesquisa.

Observamos que, os graduandos não apresentaram a dificuldade D5, pois ninguém calculou a área sob a curva do gráfico posição x tempo para dizer quantos quilômetros o carro percorreu ao todo, pois a área sob este gráfico não tem significado algum. Destacamos que essa atitude por parte dos estudantes foi correta, visto que em nenhum momento este cálculo foi requerido nas questões. Quanto à dificuldade D6, que fala sobre o cálculo da área sob um gráfico e da inclinação, não foram formuladas questões que contemplassem esse assunto. Isso ocorreu devido à falta de tempo para abordar a temática e de espaço nos questionários pré- e pós-teste e no roteiro do *Modellus*.

Tabela 1 - Síntese dos resultados do pré-teste

Questão	Objetivos requeridos	Percentual de acerto	Principais Dificuldades
1	1, 5, 8, 11, 12	57%	D1
2	6, 8, 10, 12	71%	D1, D3, D4
3	1, 2, 3, 5, 9, 11, 12	85%	D1, D3
4a	7	85%	D2, D7
4b	8	85%	D1, D2
4c	7	71%	D3, D7
4d	9	71%	D3
4e	10	100%	-
4f	10	71%	D8
4g	11	71%	D8
5a	9	71%	D1
5b	8	85%	D8
5c	6	43%	D1
5d	12	57%	D1, D3
5e	12	43%	D1, D3

Fonte: dados da pesquisa.

4.2.2 Pós-teste

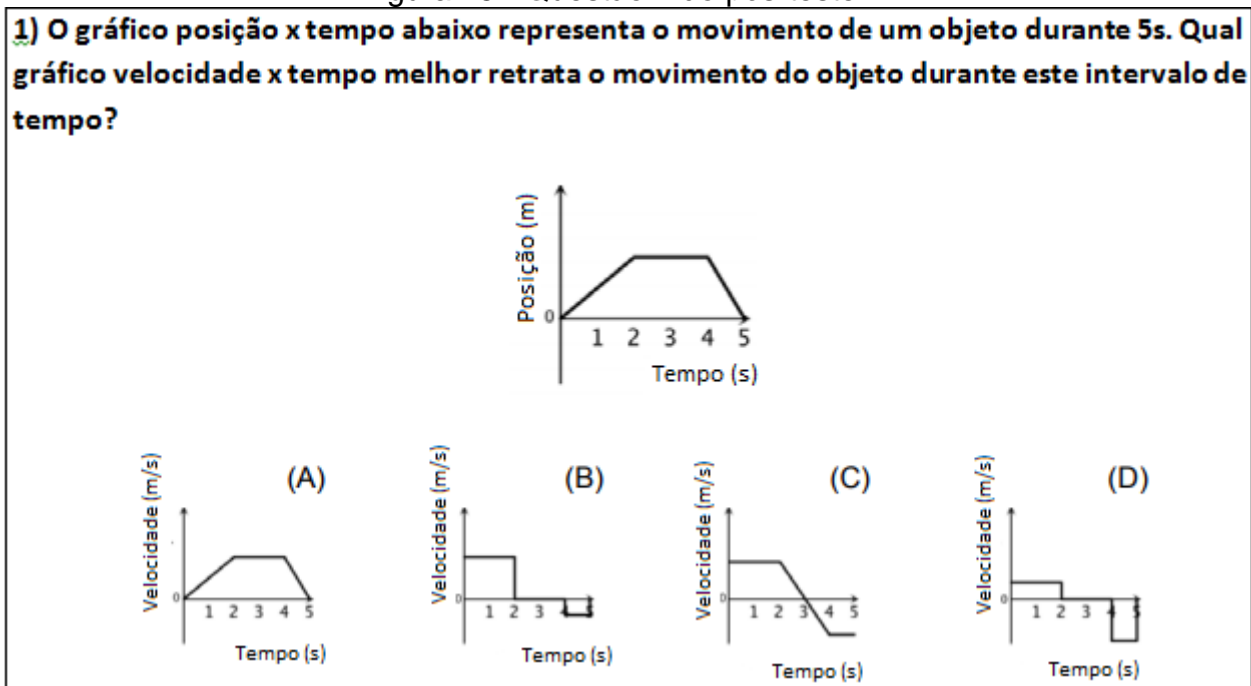
Buscamos, nesta avaliação, identificar o ganho de assimilação dos conceitos relativos à compreensão e interpretação de gráficos de Cinemática. A primeira parte contém duas questões fechadas e a segunda parte, duas questões abertas, as mesmas do pré-teste, de modo a verificar possíveis mudanças de opinião.

Para a análise do pós-teste, serão criadas determinadas categorias que são definidas por semelhança de respostas. A princípio, aqueles graduandos que **superaram a dificuldade** serão categorizados como **SD**; aqueles que persistiram no erro, como **NSD, não superaram a dificuldade**; e aqueles que **superaram**

parcialmente a dificuldade, como **SPD**. Desse modo, procuramos identificar o entendimento do assunto por parte do estudante e a validade da aplicação deste teste e do roteiro.

A primeira questão, mostrada a Figura 15, teve por objetivo associar um gráfico dado a outro gráfico correspondente de ordenada diferente. Conceitos como inclinação, sinal da velocidade e se o objeto estava em movimento ou em repouso foram cobrados. A maioria dos alunos, 71%, classificados como SD, marcou corretamente a letra 'd', porém, o aluno C apresentou as dificuldades D2 e D6. Isso ocorreu porque o aluno, provavelmente, ao ver uma área sob o gráfico velocidade x tempo maior nos dois primeiros segundos, se confundiu com a inclinação. Ele considerou o trecho dos dois segundos iniciais com velocidade maior e trecho de 4s a 5s com velocidade menor, o que era justamente o contrário. O aluno F apresentou as dificuldades D6 e D8, por motivos idênticos aos anteriores, além de confundir um trecho com inclinação zero e que apresenta, consequentemente, uma velocidade também igual a zero no gráfico posição x tempo.

Figura 15 - Questão 1 do pós-teste



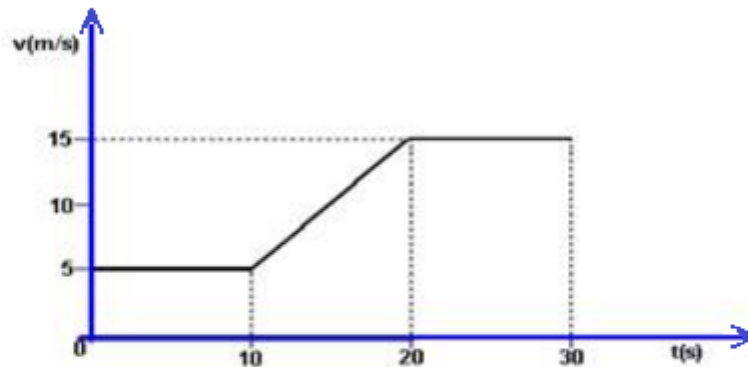
Fonte: dados da pesquisa.

Na segunda questão, buscamos avaliar conceitos associados ao gráfico velocidade x tempo, como inclinação, aceleração, repouso e movimento. A figura 16 ilustra essa questão. Todos os estudantes marcaram a resposta certa, que é a letra

'c' e foram classificados como SD. Assim, a princípio, não contabilizamos nenhuma dificuldade por parte deles.

Figura 16 - Questão 2 do pós-teste

2) Uma bicicleta realiza um movimento para frente, no sentido positivo da trajetória. Despreze atritos. Dado o gráfico velocidade x tempo abaixo, marque a opção correta.

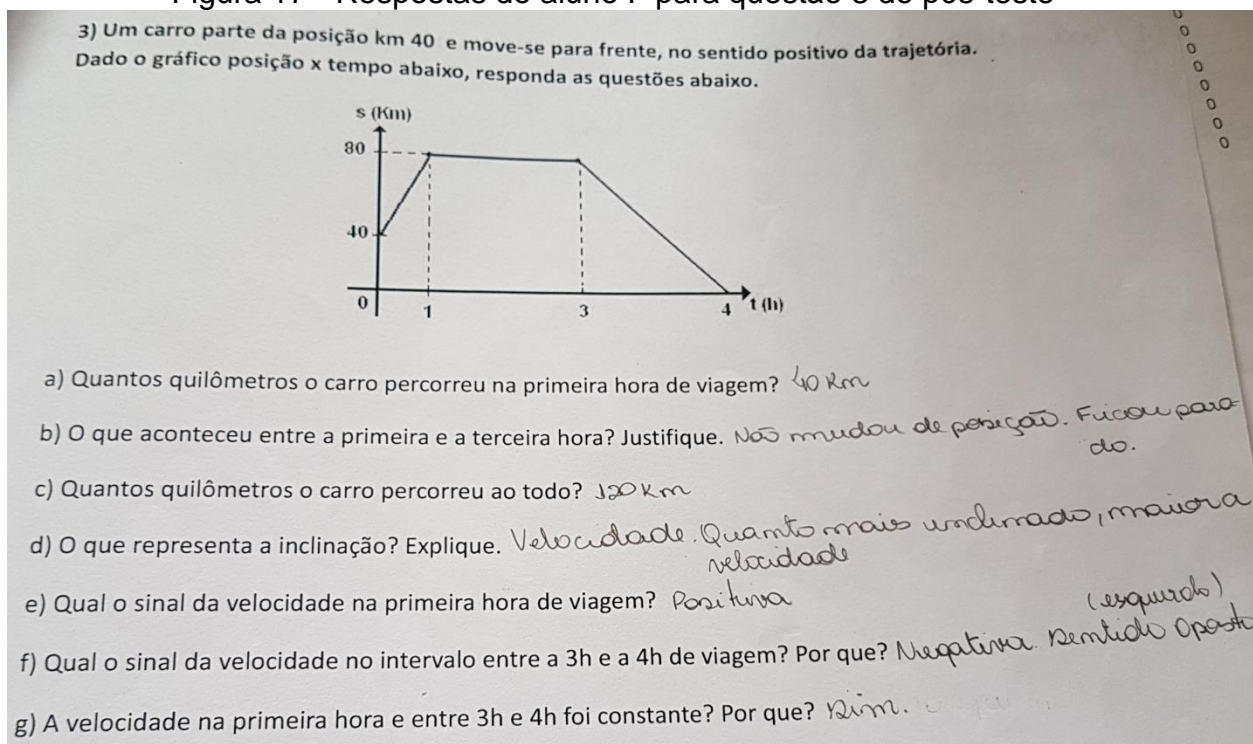


- (a) A bicicleta parte da posição 5 m.
- (b) A bicicleta permaneceu parada nos intervalos de 0 a 10s e de 20 a 30s.
- (c) Durante o intervalo de 10 a 20s, o movimento teve aceleração positiva e constante.
- (d) A bicicleta subiu uma rampa até chegar a um lugar mais alto.

Fonte: dados da pesquisa.

Todos os estudantes acertaram a terceira questão e foram classificados como SD. A Figura 17 apresenta a resposta do aluno F a essa questão do pós-teste. Houve mudança de opinião dele em relação à letra 'a', uma vez que no pré-teste escreveu 80 km e no pós-teste, 40 km. Isto significa que a confusão entre deslocamento e distância percorrida, a dificuldade D7, foi então superada.

Figura 17 - Respostas do aluno F para questão 3 do pós-teste

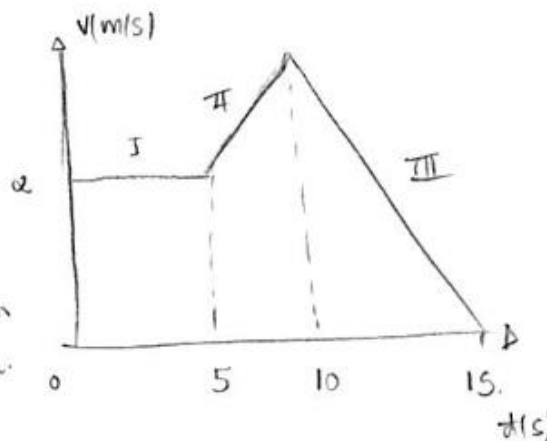
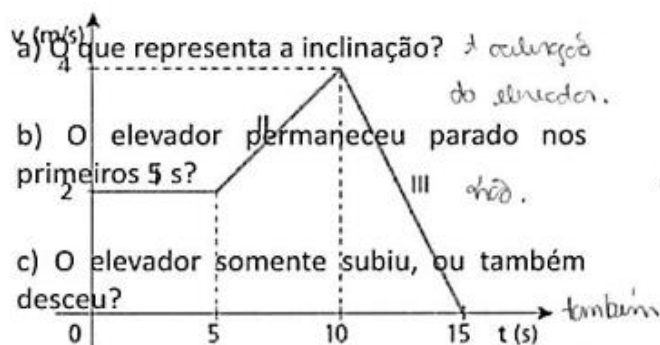


Fonte: dados da pesquisa.

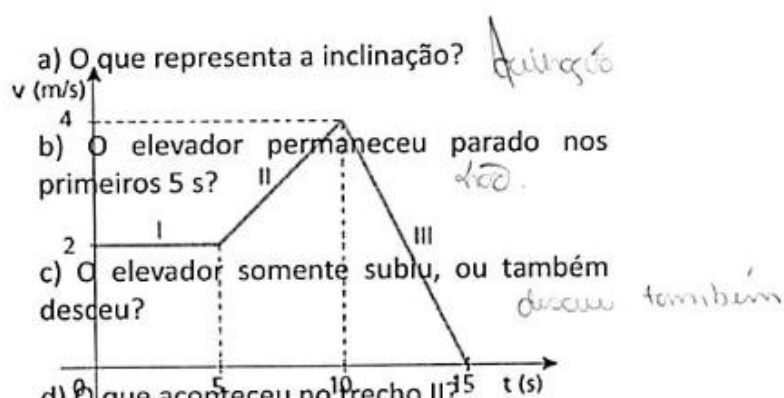
Cinco graduandos acertaram a questão 4 do pós-teste, porém, algumas respostas como a do aluno C permitiram uma análise mais específica. O pré- e pós-teste dele, da Figura 18, apresentaram mudanças de opinião em relação às letras 'd' e 'e'. Isso ocorreu na letra 'a', quando ele escreveu, que nos trechos II e III, o elevador acelerou e desacelerou, respectivamente. Isso indicaria que ele superou as dificuldades D1 e D3, o que não foi confirmado pela resposta da letra 'c'. Deseje modo, permaneceu, mesmo que parcialmente, a dificuldade D1. Ou seja, o gráfico é visto como fotografia do movimento. Se o gráfico desce, ele pensa que o elevador também desce. Assim, o classificamos como SPD. Observamos também que, devido a uma falha técnica na impressão, as questões relativas ao elevador apresentaram o gráfico em cima das alternativas. Isso revela a importância do teste-piloto, pois ainda havia tempo de corrigir esses erros para a aplicação principal.

Figura 18 - Resposta do aluno C a questão do elevador no pré e pós-teste

5) Um elevador move-se do primeiro andar para o quinto andar segundo o gráfico abaixo. Despreze atritos e responda as questões, justificando todas as suas respostas:



4) Um elevador move-se do primeiro andar para o quinto andar segundo o gráfico abaixo. Despreze atritos e responda as questões, justificando todas as suas respostas:



d) O que aconteceu no trecho II? *o elevador acelerou.*

e) O que aconteceu no trecho III? *o elevador desacelerou.*

Fonte: dados da pesquisa.

Pela Tabela 2, a seguir, podemos ver que os graduandos superaram grande parte das dificuldades.

Tabela 2 - Síntese dos resultados do pós-teste

Questão	Objetivos requeridos	Percentual de acerto	Principais Dificuldades
1	4, 8, 9, 10, 11	71%	D2, D6, D8
2	2, 5, 8, 9, 12	100%	-
3a	7	100%	-
3b	8	100%	-
3c	7	100%	-
3d	9	100%	-
3e	10	100%	-
3f	10	100%	-
3g	11	100%	-
4a	9	100%	-
4b	8	100%	-
4c	6	71%	D1
4d	12	85%	D1, D3
4e	12	85%	D1, D3

Fonte: dados da pesquisa.

4.2.3 Discussão dos resultados da aplicação piloto

Neste tópico, abordamos os resultados obtidos na análise de dados do pós-teste, comparando, quando necessário, com os resultados obtidos no pré-teste e com as atividades do roteiro de uso do software *Modellus*.

A Tabela 3, a seguir, apresenta um comparativo das dificuldades dos alunos nas duas questões abertas, antes e após a aplicação do roteiro *Modellus*. No pré-teste a questão é a 4, enquanto que no pós-teste a questão correspondente é a 3. Assim a questão 5 do pré-teste corresponde à questão 4 do pós-teste.

Tabela 3 - Síntese dos resultados do pós-teste

Questão pré/pós	Obj.	Pré-teste		Pós-teste	
		% acerto	Principais Dificuldades	% acerto	Principais Dificuldades
4a, 3a	7	85%	D2, D7	100%	-
4b, 3b	8	85%	D1, D2	100%	-
4c, 3c	7	71%	D3, D7	100%	-
4d, 3d	9	71%	D3	100%	-
4e, 3e	10	100%	D8	100%	-
4f, 3f	10	71%	D8	100%	-
4g, 3g	11	71%	D8	100%	-
5a, 4a	9	71%	D1	100%	-
5b, 4b	8	85%	D8	100%	-
5c, 4c	6	43%	D1	71%	D1
5d, 4d	12	57%	D1, D3	85%	D1, D3
5e, 4e	12	43%	D1, D3	85%	D1, D3

Fonte: dados da pesquisa.

De acordo com os resultados, podemos observar que houve um aumento expressivo no rendimento dos alunos. Isso, possivelmente, teve ligação direta com o uso do software *Modellus*, o qual tornou mais clara a compreensão de gráficos de Cinemática. Acreditamos que a questão visual foi fundamental, pois é possível ver o movimento do objeto com a construção em tempo real do gráfico associado. Entendemos que outros aspectos também contribuíram para isso. Um deles foi a maturidade de raciocínio do graduando em Física. O outro foi a mediação do docente e de colegas mais experientes, os quais, segundo Vygotsky (1998), através da interação social, transformam uma zona de desenvolvimento proximal em real.

Quanto às dificuldades, podemos dizer, no conjunto dessas duas questões, que uma grande variedade delas foi superada. Simultaneamente, muitos objetivos foram atingidos pelos alunos. Certamente, devido ao desenvolvimento das atividades e do caráter lúdico da simulação, conceitos como deslocamento, distância

percorrida, velocidade, aceleração, inclinação e outros foram gradualmente internalizados. O uso do objeto de aprendizagem *Modellus* foi, também, um instrumento de mediação que contribuiu para que os graduandos obtivessem evolução nos resultados do pós-teste.

De forma geral, podemos afirmar que, durante a aplicação do conjunto das atividades, houve comprometimento dos graduandos. Apesar da falta de pontualidade, no início, demonstraram muito interesse pelo assunto estudado.

4.3 Análise dos resultados da aplicação principal

Apresentamos, a seguir, os resultados e análise relativos ao pré-teste e pós-teste aplicados na escola participante aos alunos do Ensino Médio. Estes foram exatamente os mesmos testes realizados na aplicação-piloto. Sempre que necessário, fazemos comentários relacionando-os ao roteiro do *Modellus*. Serão considerados os mesmos objetivos e classificação de dificuldades já citados anteriormente.

4.3.1 Pré-teste

A Tabela 4 apresenta os objetivos requeridos de cada questão, os respectivos percentuais de acerto e as principais dificuldades dos alunos. O número total de participantes foi de 38 estudantes.

Tabela 4 - Síntese dos resultados do pré-teste

Questão	Objetivos requeridos	Percentual de acerto	Principais Dificuldades
1	1, 5, 8, 11, 12	45%	D1, D3
2	6, 8, 10, 12	50%	D1, D3, D4
3	1, 2, 3, 5, 9, 11, 12	42%	D1, D3, D8
4a	7	97%	D2, D7
4b	8	52%	D1, D2, D3, D8
4c	7	65%	D3, D5, D7

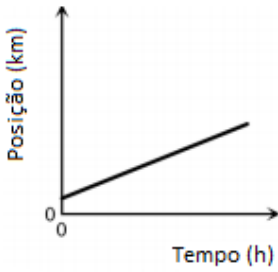
4d	9	10%	D2, D3
4e	10	97%	D3, D8
4f	10	77%	D3, D8
4g	11	20%	D8
5a	9	23%	D1, D2, D3
5b	8	76%	D1, D3, D8
5c	6	36%	D1
5d	12	76%	D1, D3
5e	12	31%	D1, D3

Fonte: dados da pesquisa.

Na análise da primeira questão, mostrada na Figura 19, os objetivos 1, 5, 8, 11, 12 foram requeridos. Os estudantes tiveram em torno de 45% de acerto ao marcar a letra 'C'. Doze alunos marcaram "objeto possui velocidade crescente" e nove aprendizes marcaram a letra 'A', afirmando que o objeto acelera. Assim, esses apresentaram as dificuldades D1 e D3. O gráfico foi visto como fotografia do movimento, pois os alunos viram o gráfico crescente e inferiram que a velocidade cresce. Houve ainda confusão de variáveis, no caso, entre velocidade e aceleração.

Figura 19 - Questão 1 do pré-teste

1) Um objeto está se movendo para a direita, no sentido positivo, conforme o gráfico posição x tempo abaixo. Escolha o item que oferece a melhor interpretação para esse movimento.



Posição (km)

0

Tempo (h)

A) O objeto acelera.

B) O objeto não se move.

C) O objeto tem velocidade constante.

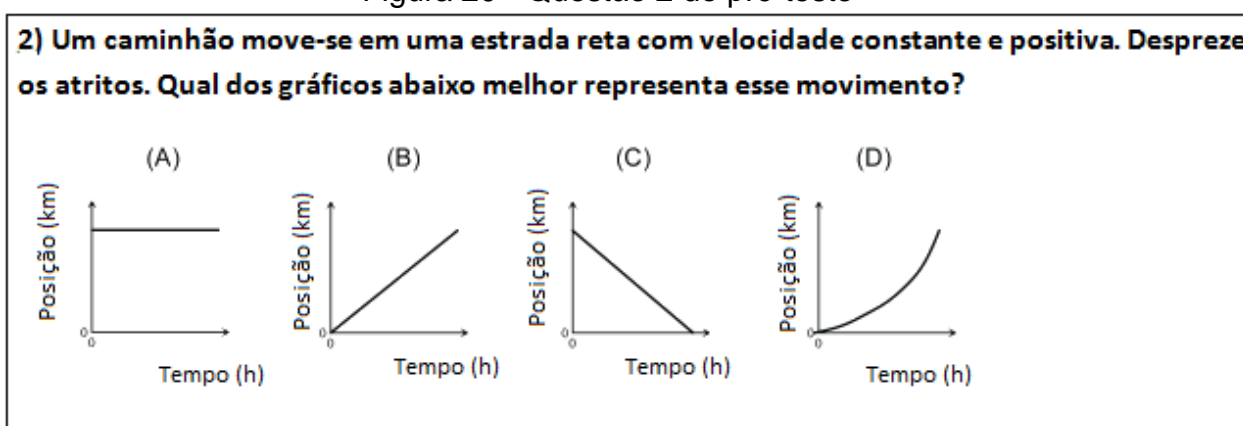
D) O objeto possui velocidade crescente.

Fonte: dados da pesquisa.

Na segunda questão, ilustrada na Figura 20, os objetivos esperados foram 6, 8, 10, 12. O rendimento dos alunos nesta questão foi próximo de 50%. Estes

marcaram, corretamente, letra 'B'. Dezenove alunos marcaram letra 'A', o que revela dificuldades D1, D3 e D4. Nas duas primeiras, os alunos confundiram uma reta horizontal, indicando posição constante, com velocidade constante. Alguns estudantes foram classificados como tendo dificuldade D4, pois, erraram a questão 1 e acertaram a questão 2. Desse modo, consideramos que quando a reta do gráfico não passa pela origem os aprendizes têm mais dificuldade de encontrar qual variável é a inclinação.

Figura 20 - Questão 2 do pré-teste



Fonte: dados da pesquisa.

A Figura 21 mostra a questão 3. Os objetivos 1, 2, 3, 5, 9, 11, 12 foram requeridos. Aqui, os estudantes apresentaram porcentagem de acerto de 42%. Doze alunos marcaram letra 'B', sete estudantes assinalaram 'C' e dois a letra 'A'. Portanto, os classificamos como tendo dificuldade D1, D3, D8. Esta última, devido ao fato de os aprendizes não identificarem qual variável é a inclinação e, por consequência, não saberem se ela é nula, constante ou variável. Talvez, o conhecimento de funções estudadas em matemática não tenha sido consolidado pelos alunos.

Figura 21- Questão 3 do pré-teste

3) Considere os gráficos abaixo com diferentes eixos:

(I)

(II)

(III)

(IV)

(V)

Quais desses representam um movimento uniformemente acelerado, isto é com aceleração constante e positiva?

A) II e III B) IV e V C) II e V D) I e IV

Fonte: dados da pesquisa.

Na quarta questão, 97% dos alunos acertaram a resposta da letra 'a', escrevendo 40 km. Apenas um aluno apresentou as dificuldades D2 e D7 ao indicar 80 km. Na letra 'b', 52% acertaram a resposta, apontando o carro em repouso de 1s a 3s. Já o restante dos estudantes considerou que neste trecho a velocidade era constante, revelando a dificuldades D1 e D2. Na letra 'c', 65% dos aprendizes acertaram a resposta, 120 km, porém, os outros escreveram inúmeras respostas na tentativa de calcular a área sob o gráfico. Nesse sentido, estes foram classificados como tendo dificuldades D3, D5, D7. Essas investidas não dariam certo, pois a área sob o gráfico posição por tempo não tem significado algum. Cerca de 37% dos alunos, na letra 'd', consideraram o deslocamento sendo a inclinação, o que é errado, pois esta é representada pela velocidade. Apenas quatro alunos escreveram a resposta certa. Vejamos no Quadro 7, a seguir, as diferentes respostas dos aprendizes.

Quadro 7 - Respostas dos estudantes à questão 4d do pré-teste

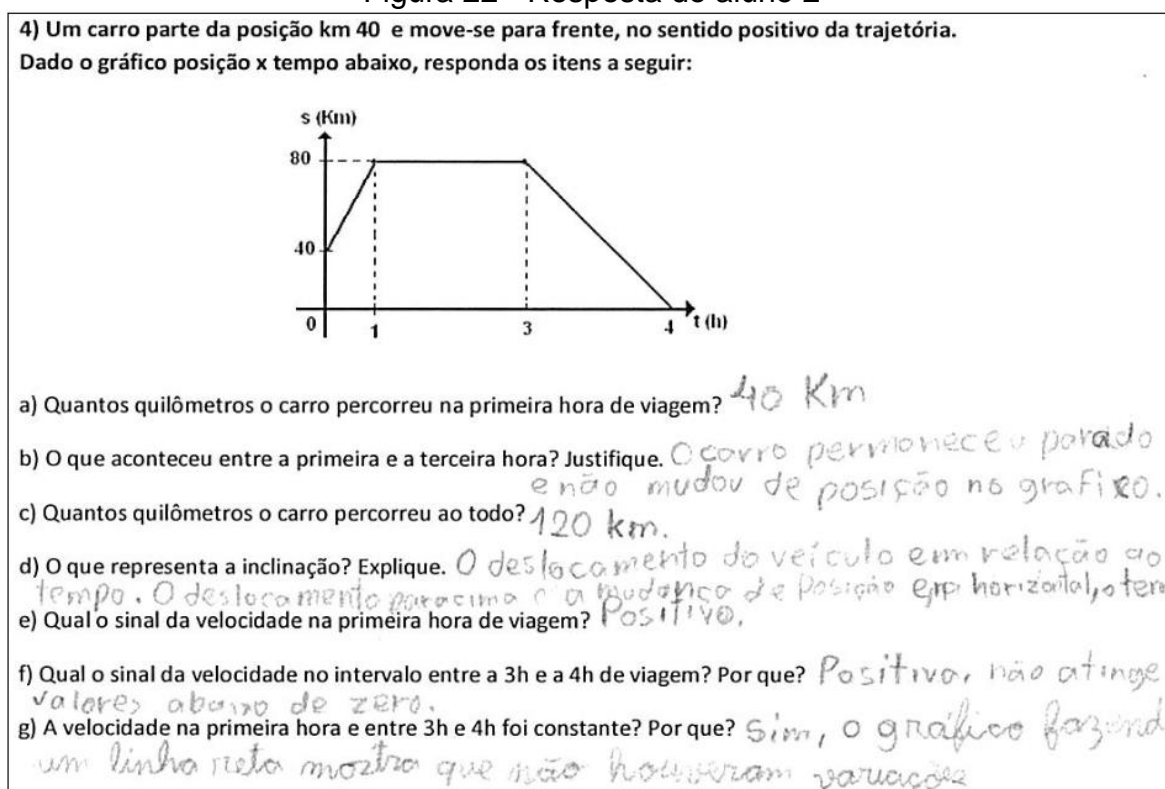
Respostas	Quantidade de alunos
Deslocamento	14
Aceleração	7
Variação da posição	6
Trajectoria do carro	3
Velocidade*	4

O carro voltando	1
O sentido do movimento	1
A quilometragem do carro	1
Crescendo ou Decrescendo	1

Fonte: dados da pesquisa, o (*) indica a resposta correta.

Isso comprova que os estudantes não têm uma definição clara de qual variável representa a inclinação do gráfico posição x tempo. Assinalamos assim, as dificuldades D2, D3 e D8. Quase a totalidade dos alunos respondeu corretamente a letra 'e' escrevendo "positivo". Isso também ocorreu na letra 'f', porém, aproximadamente 23% deles deram justificativas erradas, como "Positivo, pois não há valores abaixo de zero", confundindo, desse modo, o eixo da posição com a velocidade. Identificamos neste item as dificuldades D2, D3 e D8. Cerca de 20% responderam de forma correta a letra 'g'. Afirmaram que sim, o gráfico nestes trechos é uma linha reta e que não houve variações de inclinação. Dentre os que erraram, identificamos a dificuldade D8. A seguir, na Figura 22, é mostrado um exemplo de resposta da questão 4.

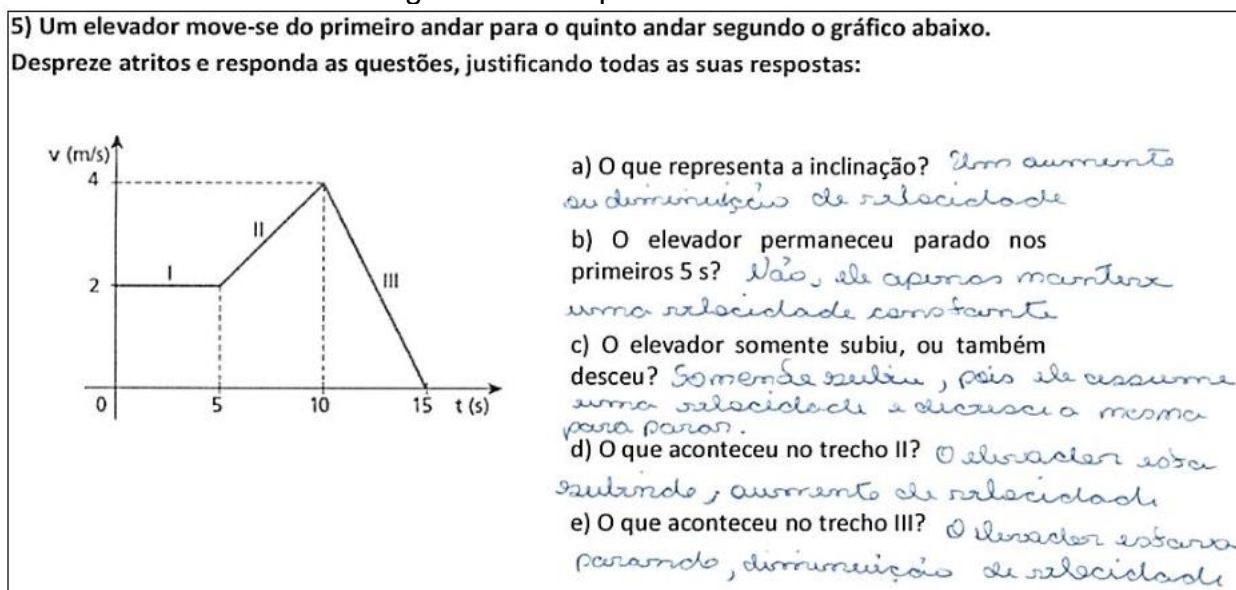
Figura 22 - Resposta do aluno 2



Fonte: dados da pesquisa.

A quinta questão apresentou, na letra 'a', porcentagem de acerto de 23% ao indicar a aceleração como sendo a inclinação do gráfico velocidade por tempo. Os outros responderam: “velocidade do elevador”, “subida e descida do elevador”, “movimento de subida”, o que revelam as dificuldades D1, D2, D3. Havendo, assim, confusão de variáveis e visão do gráfico como fotografia do movimento. Na letra 'b', 76% acertaram, mas, dentre os que erraram, as dificuldades D1, D3 e D8 foram detectadas. Vinte e um alunos responderam, na letra 'c', que o elevador subiu e desceu, o que reforça a dificuldade D1 já identificada em outros itens desta questão. Considerando as letras 'd' e 'e', 29 alunos (76%), afirmaram que, no trecho II, o elevador sobe aumentando sua velocidade ou acelerando. Apenas 17 alunos, cerca de 45%, apontaram que o elevador diminui de velocidade ou desacelera, no trecho III. De maneira geral, neste mesmo trecho, 12 aprendizes (32%) declararam que o elevador estaria descendo, o que indica as dificuldades D1 e D3. A Figura 23 ilustra um exemplo de resposta.

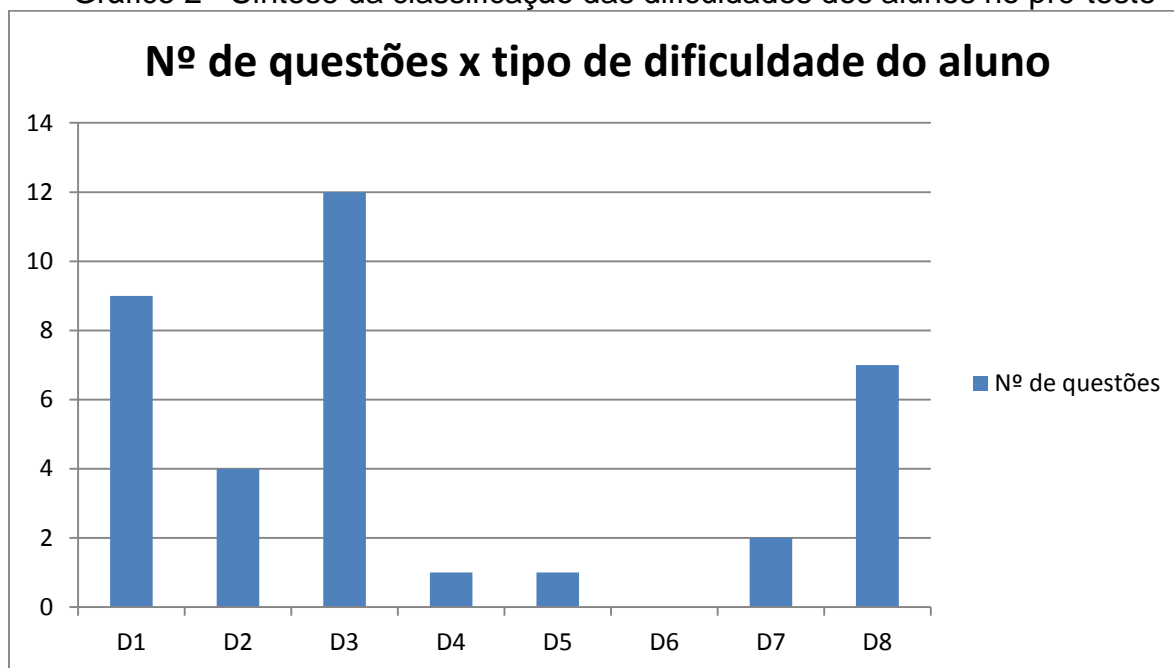
Figura 23 - Resposta do aluno 3



Fonte: dados da pesquisa.

De maneira geral, as maiores dificuldades podem ser ilustradas no Gráfico 2. São elas: considerar o gráfico como fotografia do movimento (D1), confusão entre variáveis (D3) e determinar a situação da inclinação, se positiva, negativa ou nula (D8).

Gráfico 2 - Síntese da classificação das dificuldades dos alunos no pré-teste



Fonte: dados da pesquisa.

Observamos que, alguns aprendizes, diferentemente dos graduandos da aplicação piloto, apresentaram a dificuldade D5. Isso ocorreu porque alguns alunos calcularam a área sob a curva do gráfico posição x tempo, para dizer quantos quilômetros o carro percorreu ao todo, o que, conforme já dissemos anteriormente, está errado. O cálculo da área sob um gráfico e da inclinação não foram cobrados nos pré- e pós-teste e no roteiro do *Modellus*, tanto por falta de tempo para aplicação como por falta de espaço nos questionários. Em virtude disso a dificuldade D6 apresentou índice zero.

4.3.2 Pós-teste

Para a análise do pós-teste, novamente, serão consideradas as categorias definidas por semelhança de respostas. Aqueles estudantes que **superaram a dificuldade** serão categorizados como **SD**; aqueles que persistiram no erro, como **NSD, não superaram a dificuldade**; e aqueles que **superaram parcialmente a dificuldade**, como **SPD**. Procuramos, assim, identificar o entendimento do assunto por parte do estudante e a validade da aplicação deste teste.

A Tabela 5, a seguir, apresenta os objetivos atingidos total ou parcialmente, os respectivos percentuais de acerto e as principais dificuldades dos alunos.

Tabela 5 - Síntese dos resultados do pós-teste

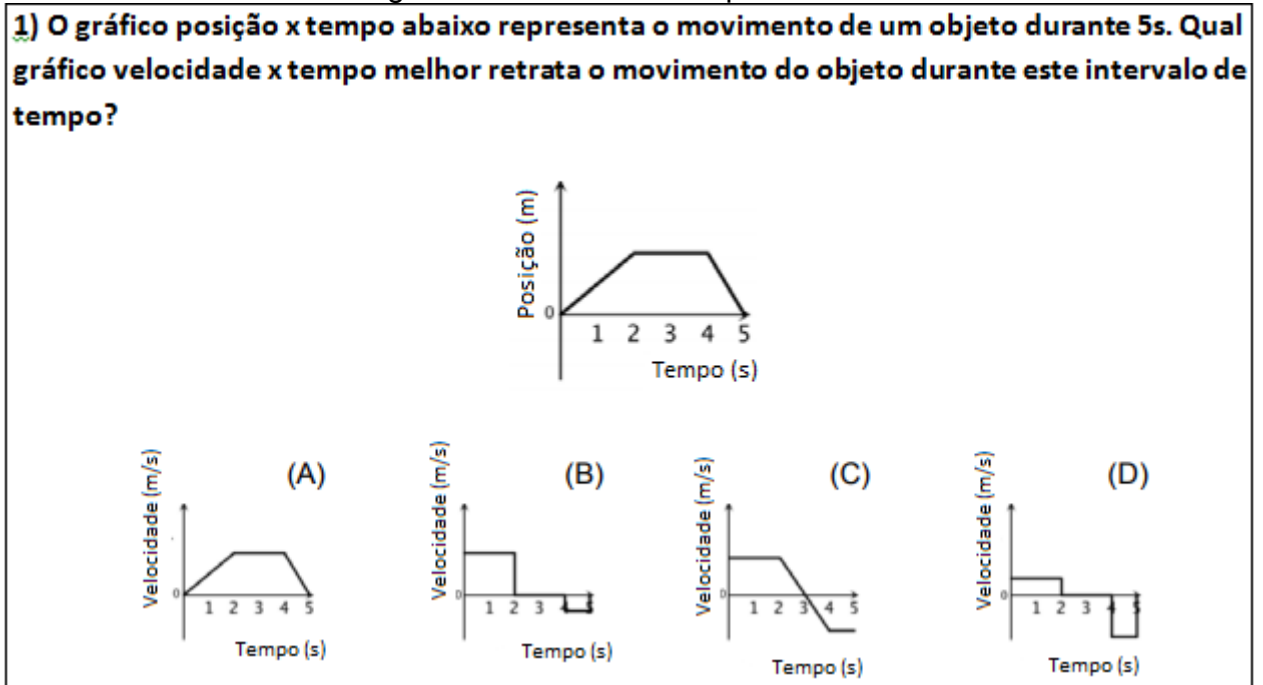
Questão	Objetivos atingidos total ou parcialmente	Percentual de acerto	Principais Dificuldades
1	4, 8, 9, 10, 11	53%	D2, D3, D8
2	2, 5, 8, 9, 12	86%	D1, D3
3a	7	97%	D7
3b	8	63%	D1, D2, D3, D8
3c	7	71%	D3, D5, D7
3d	9	42%	D2, D3, D4, D8
3e	10	100%	-
3f	10	86%	D2, D3
3g	11	50%	D8
4a	9	45%	D2, D3
4b	8	76%	D1, D3, D8
4c	6	53%	D1, D2
4d	12	74%	D1,
4e	12	68%	D1

Fonte: dados da pesquisa.

Aproximadamente 53% dos alunos, na questão 1, marcaram corretamente a letra 'D'. Estes foram classificados como SD, pois entenderam, a princípio, o conceito de inclinação e atingiram os objetivos 4, 8, 9, 10, 11. Por outro lado, 31% assinalaram a letra 'B', o que revelou as dificuldades D2 e D6. Isso ocorreu porque estes estudantes, provavelmente, ao ver uma área sob o gráfico velocidade x tempo maior nos dois primeiros segundos, se confundiram com uma distância percorrida maior. Porém, tanto no intervalo de 0s a 2s, quanto no de 4s a 5s, o objeto percorreu a mesma distância. Apesar disso, foram classificados com SPD porque interpretaram bem a inclinação do gráfico posição por tempo como sendo a velocidade, seja positiva, negativa ou nula. Cerca de 10% apresentaram as dificuldades D3, pelo motivo de considerar idênticos os gráficos posição por tempo e

velocidade por tempo. Estes foram classificados como NSD. A Figura 24 mostra a questão 1 do pós-teste.

Figura 24 - Questão 1 do pós-teste

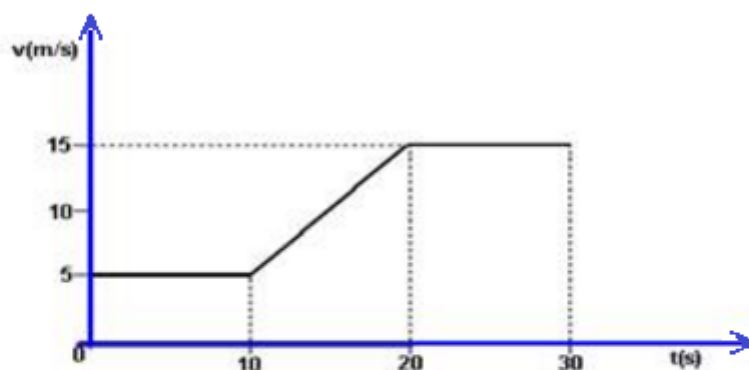


Fonte: dados da pesquisa.

Analisando a segunda questão, vista na Figura 25, observamos que 33 estudantes assinalaram corretamente a letra 'C' e foram classificados como SD, atingindo os objetivos 2, 5, 8, 9, 12. Três alunos marcaram 'B' e dois aprendizes apontaram 'A'. Desse modo, as dificuldades D1 e D3 ainda estavam presentes. Classificamos estes últimos como NSD.

Figura 25 - Questão 2 do pós-teste

2) Uma bicicleta realiza um movimento para frente, no sentido positivo da trajetória. Despreze atritos. Dado o gráfico velocidade x tempo abaixo, marque a opção correta.



- (a) A bicicleta parte da posição 5 m.
- (b) A bicicleta permaneceu parada nos intervalos de 0 a 10s e de 20 a 30s.
- (c) Durante o intervalo de 10 a 20s, o movimento teve aceleração positiva e constante.
- (d) A bicicleta subiu uma rampa até chegar a um lugar mais alto.

Fonte: dados da pesquisa.

Os objetivos atingidos total ou parcialmente de cada item das questões 3 e 4 são mostrados na Tabela 5 mais à frente. O item 'a' da terceira questão teve um aproveitamento por parte dos estudantes de 97%. Estes foram classificados como SD. Cerca de 63% dos aprendizes apontaram corretamente, o carro parado, no item 'b'. Os outros apresentaram dificuldade D1, D2, D3 e D8, pois consideraram o carro com velocidade constante. Assim, confundiram variáveis e o conceito da inclinação, bem como consideraram o gráfico como fotografia do movimento. Devido ao fato de ser uma linha reta horizontal, eles imaginam que a velocidade é constante. Vinte e sete estudantes acertaram a letra 'c' ao escrever 120 km e também foram classificados SD. Vejamos a seguir, no Quadro 8, as respostas dos alunos para a letra 'd'.

Quadro 8 - Respostas dos estudantes à questão 3d do pós-teste

Respostas	Quantidade de alunos
Velocidade*	16
Deslocamento	10
Distância percorrida	4
Aceleração	3
Negativa e positiva	3
Variação da posição	2

Fonte: Dados da pesquisa, o (*) indica a resposta correta.

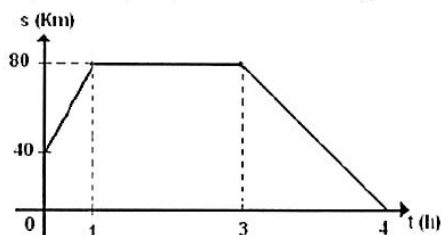
Comparando pré e pós-teste, percebemos uma expressiva mudança de opinião para a resposta correta, o que significa que estes superaram as dificuldades (SD) D2 e D3. Eram quatro (11%), e agora são 16 alunos (42%) que consideraram a velocidade como inclinação. Como exemplo, a Figura 26 mostra a resposta do aluno 8.

Apesar do fato anterior, 22 alunos (58%) ainda mantiveram opiniões erradas sobre inclinação. Nesse sentido, estes, foram classificados como NSD, não superaram as dificuldades D2, D3, D8. Exatamente 100% acertaram o item 'e' e 33 alunos (87%) escreveram acertadamente "negativo", no item 'f', mostrando que entenderam como diferenciar a situação da inclinação. Três alunos (9%) responderam "negativo, pois há queda de velocidade", o que é parcialmente errado, uma vez que a inclinação é negativa, mas constante. Estes superaram parcialmente a dificuldade (SPD). Dezenove aprendizes, ou seja, 50% consideraram positiva a velocidade na letra 'g', o que é correto, sendo classificados como SD.

Figura 26 - Resposta do aluno 8 à terceira questão no pré e pós-teste

4) Um carro parte da posição km 40 e move-se para frente, no sentido positivo da trajetória.

Dado o gráfico posição x tempo abaixo, responda os itens a seguir:



a) Quantos quilômetros o carro percorreu na primeira hora de viagem?

40 km

b) O que aconteceu entre a primeira e a terceira hora? Justifique.

A velocidade do carro é constante, pois a posição não varia.

c) Quantos quilômetros o carro percorreu ao todo?

80 km

d) O que representa a inclinação? Explique.

Inclinação a aceleração e desaceleração, a posição varia.

e) Qual o sinal da velocidade na primeira hora de viagem?

Positivo (+)

f) Qual o sinal da velocidade no intervalo entre a 3h e a 4h de viagem? Por que?

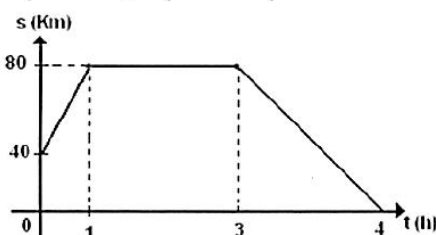
Negativo (-) pois a reta é decrescente, houve uma redução.

g) A velocidade na primeira hora e entre 3h e 4h foi constante? Por que?

Não, pois houve uma variação na posição, então a velocidade do carro varia.

3) Um carro parte da posição km 40 e move-se para frente, no sentido positivo da trajetória.

Dado o gráfico posição x tempo abaixo, responda as questões abaixo.



a) Quantos quilômetros o carro percorreu na primeira hora de viagem?

40 km

b) O que aconteceu entre a primeira e a terceira hora? Justifique.

Velocidade é constante, pois a posição não varia.

c) Quantos quilômetros o carro percorreu ao todo?

80 km

d) O que representa a inclinação? Explique.

A velocidade, pois o carro se deslocou.

e) Qual o sinal da velocidade na primeira hora de viagem?

+

f) Qual o sinal da velocidade no intervalo entre a 3h e a 4h de viagem? Por que?

- , pois a reta é decrescente.

g) A velocidade na primeira hora e entre 3h e 4h foi constante? Por que?

Não, pois a inclinação da reta mostra que a velocidade varia.

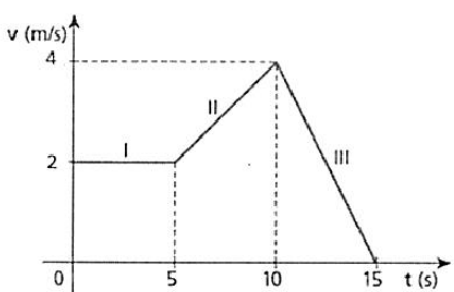
Fonte: dados da pesquisa.

A quarta questão apresentou, no item 'a', porcentagem de acerto de 45% ao indicar a aceleração como sendo a inclinação do gráfico velocidade por tempo. A maior parte do restante respondeu "velocidade", persistindo as dificuldades D2 e D3.

No item 'b', aproximadamente 76% dos estudantes afirmaram, corretamente, que o elevador não estava parado nos primeiros 5s. Os outros continuaram a ter as dificuldades D1, D3 e D8. Dezoito alunos (47%), no item 'c', responderam que o elevador subiu e desceu, o que indica a continuação das dificuldades D1 e D3. O mesmo ocorreu com cerca de 30% dos aprendizes que apontaram que o elevador subiu e desceu, nos itens 'd' e 'e' respectivamente. A Figura 27 ilustra um exemplo da resposta do aluno 5.

Figura 27 - Resposta do aluno 5 à questão do elevador no pré e pós-teste

5) Um elevador move-se do primeiro andar para o quinto andar segundo o gráfico abaixo. Despreze atritos e responda as questões, justificando todas as suas respostas:



a) O que representa a inclinação?
Representa o aumento da velocidade, ou seja, a subida.

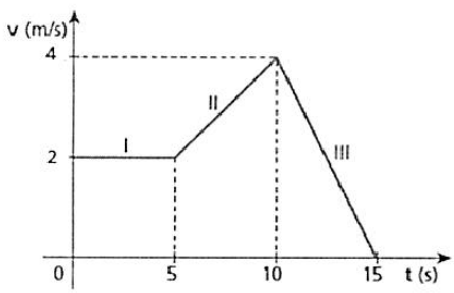
b) O elevador permaneceu parado nos primeiros 5 s?
Não, pois há velocidade constante.

c) O elevador somente subiu, ou também desceu?
Subiu e desceu, porque entre 0s e 10s há uma subida e 10s e 15s há uma descida.

d) O que aconteceu no trecho II?
O elevador subiu pois há aumento da velocidade.

e) O que aconteceu no trecho III?
O elevador desceu pois há decréscimo da velocidade.

4) Um elevador move-se do primeiro andar para o quinto andar segundo o gráfico abaixo. Despreze atritos e responda as questões, justificando todas as suas respostas:



a) O que representa a inclinação?
Aceleração.

b) O elevador permaneceu parado nos primeiros 5 s?
Não, pois a velocidade é constante.

c) O elevador somente subiu, ou também desceu?
Subiu e desceu porque entre 0s e 10s há uma subida e 10s e 15s há uma descida.

d) O que aconteceu no trecho II?
O elevador subiu pois há aumento da velocidade.

e) O que aconteceu no trecho III?
O elevador desceu.

Fonte: dados da pesquisa.

4.3.3 Discussão dos resultados da aplicação principal

Nesta seção discutimos os resultados obtidos na análise de dados do pós-teste, comparando, quando necessário, com os resultados obtidos no pré-teste e com as atividades do roteiro de uso do software *Modellus*. Relacionamos, ainda, pontos da teoria de Vygotsky aos questionários.

A Tabela 6, a seguir, apresenta um comparativo das dificuldades dos alunos nas duas questões abertas, antes e após a aplicação do roteiro *Modellus*. As questões 4 e 5 no pré-teste correspondem respectivamente às questões 3 e 4 no pós-teste.

Tabela 6 - Comparativo de rendimento e dificuldades persistentes

	Pré-teste	Pós-teste	
Questão pré/pós	% acerto	% acerto.	Dificuldades Persistentes
4a, 3a	97%	97%	D7
4b, 3b	52%	63%	D1, D2, D3, D8
4c, 3c	65%	71%	D3, D5, D7
4d, 3d	10%	42%	D2, D3, D4, D8
4e, 3e	97%	100%	-
4f, 3f	77%	86%	D2, D3
4g, 3g	20%	50%	D8
5a, 4a	23%	45%	D2, D3
5b, 4b	76%	76%	D1, D3, D8
5c, 4c	36%	53%	D1, D2
5d, 4d	76%	74%	D1
5e, 4e	31%	68%	D1

Fonte: dados da pesquisa.

Segundo os resultados, podemos observar que ocorreram aumentos expressivos no rendimento dos alunos em algumas questões, como 3d, 3g, 4a, 4c, 4e (pós-teste). Em outras, houve leve aumento, como 3b, 3c, 3e, 3f (pós-teste). Atribuímos esse aproveitamento a dois fatores comentados a seguir. Já nas questões 4b, 4d (pós-teste) percebemos que o índice de acerto praticamente se manteve constante, considerando uma margem de erro.

Atribuíamos o aumento no índice de acerto nas questões citadas acima ao uso do software *Modellus*, o qual, de maneira lúdica e interessante, permitiu ao estudante simular a movimentação de um objeto/personagem e ver a construção em tempo real do gráfico associado. Um ponto fundamental para isso foi o recurso oferecido pelo programa chamado de estroboscopia, que contribuiu para o aspecto visual, mostrando toda a trajetória do movimento. Assim, os gráficos posição por tempo, velocidade por tempo e aceleração por tempo puderam ser vistos durante o movimento e conceitos relativos a eles foram melhor compreendidos. O outro fator, de acordo com Vygotsky (1998), foi a questão da construção coletiva, através da interação social entre professor/aluno, alunos mais experientes/alunos menos experientes. Também podemos citar a mediação que o software proporcionou aos usuários.

Nesta investigação, notamos que os conhecimentos começaram a ser internalizados durante a fase de uso do software *Modellus* e que, possivelmente, se tornariam signos, caso atividade fosse aplicada por mais alguns meses. Dessa forma, ao realizar o pós-teste, estes estímulos foram resgatados e usados pelos alunos para responder ao questionário final. Como o pós-teste foi realizado em duplas, a zona de desenvolvimento proximal, ou seja, especialmente o processo de maturação, foi beneficiado quando a experiência de um estudante foi inter-relacionada com a experiência do outro. Assim, aquilo que o aprendiz realizava com a ajuda do professor e do colega mais experiente, pôde ser realizado de forma independente no futuro. Dessa maneira, acreditamos que houve um indicativo do processo estímulo-resposta, e que, se atividade fosse realizada por mais algum tempo, a internalização dos signos provavelmente ocorreria de fato.

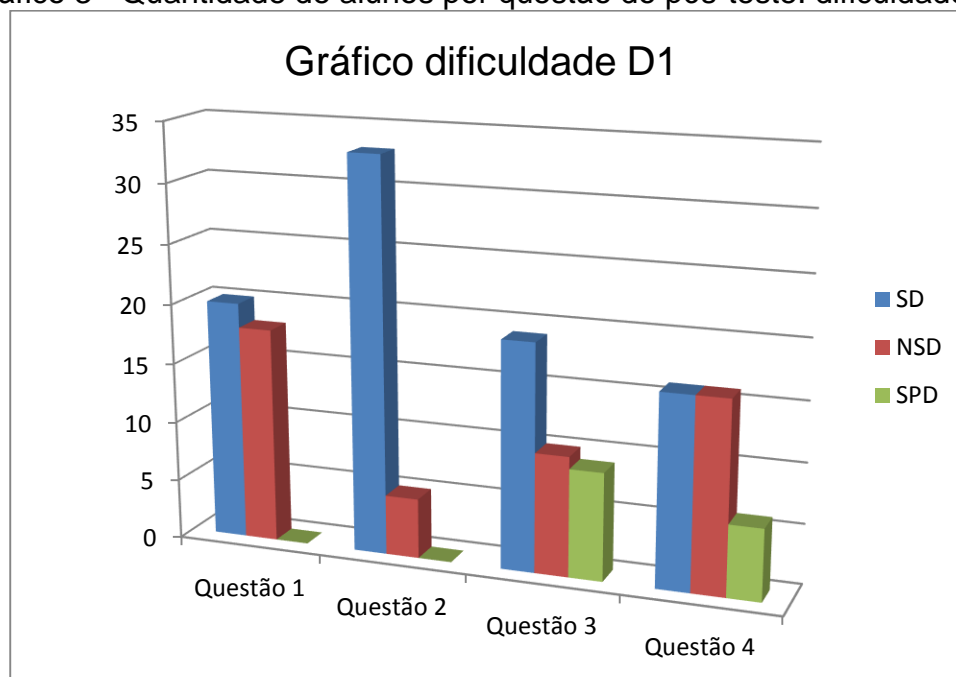
Nesse sentido, o programa é usado como instrumento para facilitar a obtenção de conhecimento. Com o passar do tempo, ocorre a reconstrução interna de uma operação externa, que desenvolve o pensamento abstrato. Progressivamente, é criada uma zona de desenvolvimento proximal no estudante, a

qual representa as funções psicológicas que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação (OLIVEIRA, 1997, p. 60). A zona de desenvolvimento potencial, durante a colaboração de alunos mais experientes e do professor, vai aos poucos se tornando zona de desenvolvimento real. Após estas etapas, o educando pode adquirir a capacidade de realizar esta atividade ou outras relacionadas a este conteúdo de forma independente.

Quanto às dificuldades, podemos dizer, considerando as duas questões abertas do pré- e pós-teste, que algumas delas permaneceram, mas em um número menor de estudantes. Foi possível, através do roteiro de uso do programa *Modellus*, superar ou pelo menos minimizar dificuldades relativas à inclinação, velocidade, aceleração, deslocamento e outras.

Para a construção do Gráfico 3, consideramos a análise minuciosa das respostas de cada aluno às questões do pós-teste, para que assim pudéssemos classificá-los quanto à aprendizagem dos conceitos. Nas questões abertas 3 e 4, julgamos a maneira geral como o estudante respondeu à questão, conceituando-o como: superou a dificuldade (**SD**), não superou (**NSD**) ou superou parcialmente (**SPD**). São analisadas as três principais dificuldades identificadas: D1, D3 e D8. Vejamos, a seguir os gráficos 3, 4 e 5.

Gráfico 3 - Quantidade de alunos por questão do pós-teste: dificuldade D1

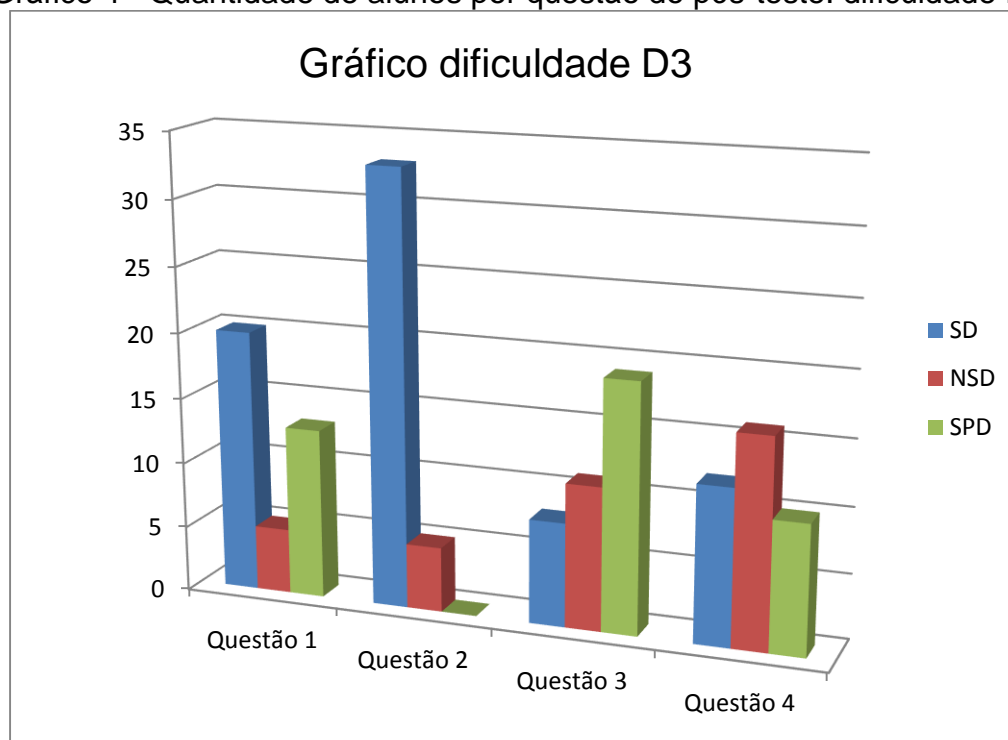


Fonte: dados da pesquisa.

Consideramos a dificuldade D1 como a mais difícil de ser completamente superada, pois alguns alunos, em determinados pontos, continuam vendo o gráfico ou parte dele como fotografia do movimento. Imaginando assim que, se a linha do gráfico sobe, o movimento do objeto é para cima. Se esta linha fica constante, imaginam que o objeto possui velocidade constante, o que é verdadeiro para o gráfico velocidade por tempo e falso para o gráfico posição por tempo. Apesar disso, uma boa parte dos estudantes conseguiu superar esta dificuldade.

Observamos que, na questão 1, a quantidade de erros e acertos foi equilibrada, pois o formato do gráfico correspondente à resposta correta foi totalmente diferente do formato do gráfico fornecido pela questão. Já na questão 2, reconhecemos que o nível de dificuldade das alternativas estava muito baixo, o que facilitou ao estudante chegar à resposta correta. Assim, 33 alunos acertaram. Notamos que nessas duas questões, particularmente na dificuldade D1, não há como avaliar se o aluno aprendeu parcialmente o assunto, pois as alternativas não favorecem a esse tipo análise. Quanto à questão 3, analisando a dificuldade D1, 19 estudantes acertaram a questão, sendo classificados como SD. Aqueles classificados como NSD deram respostas erradas ao considerar no gráfico posição x tempo uma linha reta, como velocidade constante e uma linha decrescente como desaceleração. Nestes casos, as respostas corretas são velocidade zero e velocidade constante e negativa, respectivamente. Aqueles considerados como SPD acertaram parte das questões relativas à dificuldade D1. Quanto à questão 4, 16 estudantes acertaram toda a questão e outros 16 a erraram totalmente, sendo que estes, novamente, por verem a linha do gráfico subindo e depois descendo, escreveram que o elevador subia e descia. Provavelmente isso ocorreu devido à interpretação errada da inclinação, o que contribui para a consequente interpretação errada do gráfico.

Gráfico 4 - Quantidade de alunos por questão do pós-teste: dificuldade D3



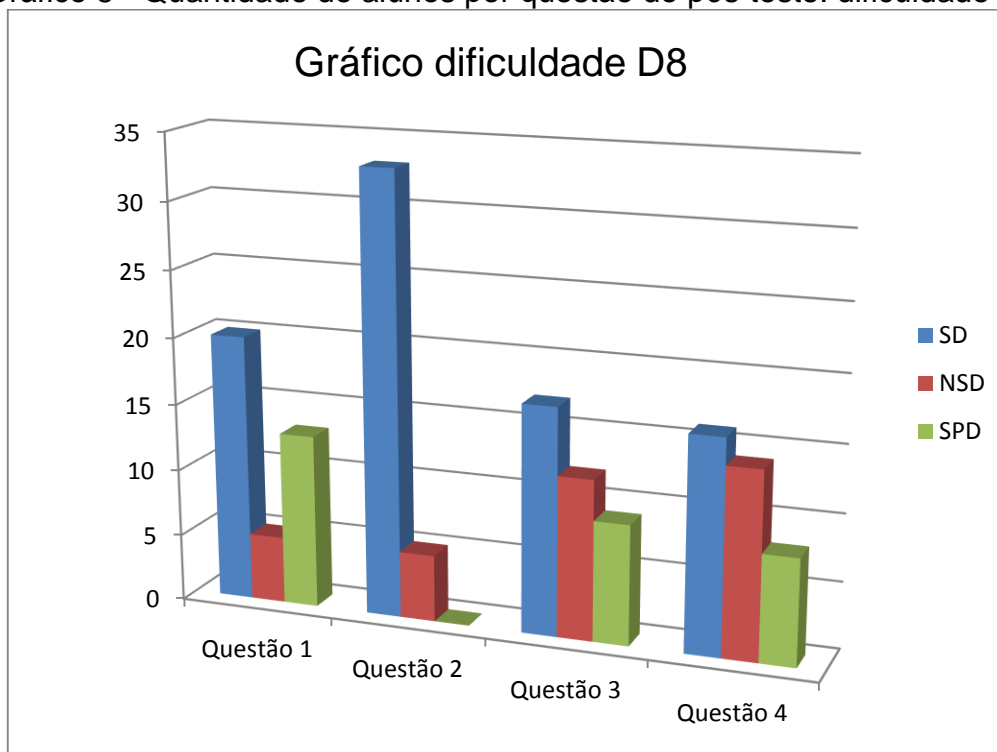
Fonte: dados da pesquisa.

Outra dificuldade muito comum é a confusão de variáveis, classificada como D3. Os alunos eventualmente a superaram, mas muitos ainda deixaram lastros de dúvidas ao diferenciá-las. Normalmente, eles têm mais dificuldade na análise do gráfico velocidade por tempo e na definição de qual variável é a inclinação. Talvez, durante o período escolar, isso não seja trabalhado com tempo suficiente para deixar claros todos esses conceitos.

Observamos que, na questão 1, 20 alunos acertaram a questão, superando a dificuldade D3. Além disso, 13 estudantes superaram parcialmente a dificuldade, pois, embora tenham feito confusão entre variáveis, tentaram escolher um gráfico com formato diferente. As alternativas da questão 2 só permitem avaliar se o aluno acertou ou errou, não há como avaliar se superaram a dificuldade parcialmente. O destaque, na questão 3, foi que 19 estudantes foram classificados com SPD, pois acertaram parte desta questão, mas fizeram confusão entre variáveis. Eles consideraram a inclinação do gráfico posição x tempo como: “deslocamento”, “aceleração”, “distância percorrida” etc., sendo que a resposta correta seria “velocidade”. Quanto à questão 4, o destaque foi o alto índice de pessoas que foram consideradas como NSD. Isso ocorreu porque elas confundiram o significado de algumas variáveis. Alguns pensaram que o gráfico velocidade x tempo era

semelhante, ou até idêntico, ao gráfico posição x tempo. Assim, quando o elevador acelerava e depois desacelerava, ou seja, inclinação positiva e depois negativa, os estudantes pensaram que a posição variava positivamente e depois negativamente.

Gráfico 5 - Quantidade de alunos por questão do pós-teste: dificuldade D8



Fonte: dados da pesquisa.

Muitos alunos superaram a dificuldade D8, mesmo que parcialmente. Esta pôde ser representada pela situação da inclinação. Se ela é positiva, negativa, nula, constante ou variável. Algumas respostas não foram totalmente coerentes, mas apresentaram superações parciais, como na questão 1. Apesar de ser uma questão fechada, não consideramos rigorosamente certo ou errado. Treze alunos, classificados como SPD, marcaram a resposta errada. No entanto, acertaram a situação da inclinação em todos os trechos, seja positiva, negativa ou nula. Erraram apenas ao decidir qual parte do gráfico possuía velocidade maior ou menor. Já a questão 2, como já dissemos, teve índice de acerto muito elevado e ninguém acertou parcialmente, pois as alternativas não foram tão exigentes. Quanto à questão 3, 17 alunos acertaram todas as perguntas, sabendo diferenciar bem a situação da inclinação, porém, 9 deles acertaram parcialmente. Isso ocorreu porque foram incoerentes ao escrever, corretamente, no item 'a' que o carro estava parado e, de forma errada, ao escrever no item 'f' que havia queda de velocidade. Quanto à

questão 4, 16 estudantes deram respostas consistentes, mas 14 deles foram, de certa forma, incoerentes. Isso ocorreu, pois até acertaram o que representa a inclinação, mas, ao interpretá-la, descrevendo a situação do elevador, erraram.

De forma geral, podemos afirmar que durante a aplicação do conjunto das atividades houve comprometimento dos aprendizes. Eles demonstraram muito interesse pelo assunto estudado, devido, principalmente, à saída da rotina através da participação em uma aula diferenciada. Isso pôde ser verificado por meio dos retornos positivos no momento da atividade e também pelas opiniões emitidas nos formulários. A maior parte dos alunos se mostrou motivada e empolgada com a atividade e afirmou que gostaria de participar mais vezes de aulas como essas. Algumas opiniões dos alunos sobre a atividade, requeridas ao final do roteiro, estão no Quadro 9, a seguir.

Quadro 9 – Opinião dos alunos sobre a atividade

“Achei muito interessante a aula, gostaria que houvesse mais aulas de Física assim ao longo do ano”.
“Achei bacana e divertido o método para o ensino da matéria, havendo mais aulas assim, há mais compreensão e descontração”.
Eu achei interessante, pois assim a aula não fica na teoria e slides”.
“Programa bem legal e didático, tanto para Matemática quanto para Física”.
“O aprendizado com esse software é bem mais divertido do que as aulas convencionais”.
“A experiência da aula diferenciada foi muito boa e construtiva, trouxe a nós uma forma diferente de se ver a Física, sendo algo mais prático. A utilização desse recurso deixa os alunos mais focados na aula e os fazem aprender e fixar melhor o conteúdo. Deveria ser mais utilizado”.

Fonte: Dados da pesquisa

Entretanto, ao analisarmos os dados acima, podemos constatar, ainda, que alguns conteúdos da Física requerem muito mais que o apoio de um objeto de aprendizagem para se tornar mais compreensível pelos alunos. Inferimos que as dificuldades apresentadas pelos estudantes podem ter origem mais profunda, que vai muito além do Ensino Médio, mas que começa nos anos iniciais da escolarização. É o que tem sido demonstrado nos resultados do Programa

Internacional de Avaliação de Estudantes⁴ (Pisa, na sigla em inglês). A pontuação do Brasil em 2016 caiu em relação ao ranking mundial do Programa, que avaliou o rendimento dos alunos neste período em Ciências, Matemática e Leitura. O país ficou na 63ª posição em ciências, na 59ª em leitura e na 66ª colocação em matemática.

⁴ PISA – Programa Internacional de Avaliação de Estudantes – disponível em:
http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa2015_completo_final_baixa.pdf

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As recentes legislações têm dado cada vez mais destaque para o uso da tecnologia em sala de aula. Disciplinas como Física, Química e Biologia vêm ganhando um lugar especial, sendo parte integrante da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias descrita pela Base Comum Curricular. Um dos principais objetivos do ensino de ciências no nível médio é garantir a inserção tecnológica dos estudantes, compreendendo a predominância de aspectos técnicos e científicos no seu dia a dia e na sociedade.

Nesse contexto, com a difusão do computador e, conseqüentemente, da internet e dos *smartphones*, surgem os objetos de aprendizagem. Uma maneira de integrar professor, aluno e conteúdo a ser ensinado, de forma contextualizada, interdisciplinar e mais interessante. Assim, acreditamos que o processo ensino-aprendizagem pode se tornar mais motivador e eficiente.

Dessa maneira, neste trabalho elaboramos um produto educacional no formato de um roteiro para a utilização de simulações para ensinar tópicos de Cinemática, relacionados à interpretação de gráficos. Optamos pelo uso do programa *Modellus*, um software livre e de credibilidade, que pode trabalhar tanto com modelagem como com simulação. As dificuldades dos estudantes na Física, em especial, na compreensão dos gráficos de Cinemática, conduziram-nos a preparar uma estratégia que pudesse superar, total ou parcialmente, estes obstáculos.

A escolha do tema surgiu por acreditarmos que o uso da tecnologia pode ser melhor explorado dentro de sala de aula. Melhorando, dessa maneira, o processo ensino-aprendizagem e consolidando na mente do aluno um conhecimento mais concreto a respeito de gráficos de Cinemática.

Nesse sentido, o objetivo desta dissertação é viabilizar aos discentes uma experiência diferenciada para o processo de ensino-aprendizagem de conceitos físicos, com o apoio do professor e do uso do software *Modellus*. Como produto deste trabalho foram criados: um roteiro de uso do programa, um pré-teste – para contabilizar os conhecimentos prévios dos aprendizes – e um pós-teste para diagnosticar o que foi aprendido ou acrescentado. Estes dois últimos foram feitos a partir de uma adaptação do teste TUG-K, criado por Beichner (1994), que avalia a compreensão de gráficos de Cinemática pelos alunos. O roteiro do software foi baseado em tópicos da teoria de Vygotsky, sendo elaborado de modo que o

estudante superasse gradativamente as dificuldades a esse respeito, tendo a oportunidade de construir o seu conhecimento através da interação com colegas mais experientes, além do professor. Assim, através da construção coletiva da interação social e da mediação, o conhecimento pode se tornar mais concreto.

Após a aplicação-piloto do produto educacional, com graduandos de licenciatura em Física, foram feitos alguns ajustes no roteiro, principalmente em relação à quantidade de atividades e ao esclarecimento de alguns pontos. A versão final foi aplicada a alunos de uma turma do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola particular. No geral, pode-se afirmar que os estudantes se mostraram muito interessados e curiosos com esta atividade que os distanciou da rotina da aula tradicional. Isso também foi confirmado por Araújo (2002), o qual afirma que os aprendizes ganham uma motivação a mais quando usam o computador.

De acordo com os resultados, podemos observar que ocorreram aumentos expressivos no aproveitamento dos alunos em 42% das questões. Em outros 33% das perguntas houve leve aumento de rendimento. Nas questões fechadas do pós-teste, o índice médio de acerto foi de 69%. Um fator determinante para esse desempenho foi o uso do software *Modellus*. Este, de maneira lúdica e intrigante, permitiu ao estudante simular a movimentação de um objeto/personagem, vendo e interagindo com a construção em tempo real do gráfico associado. Assim, acreditamos que nosso material é potencialmente significativo, desde que aplicado com o devido cuidado, com a preparação do professor e com a pré-disposição do aluno em aprender.

Quanto às dificuldades, considerando os estudantes que as superaram total ou parcialmente, podemos dizer que a grande maioria dos alunos obteve êxito. Entretanto, as dificuldades mais frequentes foram:

- a) O gráfico não é visto como uma representação matemática abstrata, mas sim como uma duplicação concreta da situação real. É a chamada visão do gráfico como fotografia do movimento;
- b) Confusão de variáveis: o aluno não diferencia claramente distância, velocidade e aceleração. Em alguns casos, consideraram que gráficos com essas variáveis são idênticos;

- c) Confusão no momento de diferenciar a situação da inclinação. Alguns alunos não conseguem diferenciar inclinação positiva, negativa, quando é nula, constante ou variável.

Assim sendo, podemos afirmar que a questão de pesquisa deste trabalho foi respondida em nossa investigação, ou seja, sim, um objeto de aprendizagem pode contribuir para auxiliar os alunos na compreensão de gráficos da cinemática. O roteiro para a aplicação do *software* foi bastante importante, pois orientou os alunos nos passos a serem seguidos durante a realização da atividade. Este fato ficou muito claro na aplicação-piloto quando percebemos as dúvidas dos alunos nas orientações dadas.

A estrutura deste produto poderia ser aplicada com mais tempo, mais encontros e mais testes, de modo que os estudantes pudessem construir um conhecimento mais sólido. Outra sugestão de melhoria é que poderiam ser criadas mais questões quantitativas, como calcular a inclinação ou a área sob os gráficos.

Este trabalho poderia ser focado, ainda, em outra ocasião, na formação de professores. O projeto-piloto deu uma amostra disso, em que uma quantidade maior de modelagem aliada à simulação foi usada para demonstrar conceitos, tirar dúvidas e reforçar o conhecimento já adquirido pelo professor. Além de incentivá-lo a ensinar gráficos de cinemática e outros tópicos da física de forma mais interativa, lúdica, agradável e eficiente.

Para finalizar, realçamos que, se queremos melhorar o desempenho dos estudantes em Física, devemos aperfeiçoar, mesmo que gradativamente, a metodologia de ensino da disciplina. Tentando, assim, incorporar mais recursos tecnológicos comprovadamente eficientes e investindo na formação de professores. É necessário mais treino, persistência, preparação e tempo na utilização desses recursos para aproveitar todas as suas potencialidades pedagógicas.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. J.; SMOLKA, A. L. B, A construção do conhecimento em diferentes perspectivas: Contribuições de um diálogo entre Bachelard e Vigotski. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 245-68, 2009
- ARAÚJO, I. S. **Um estudo sobre o desempenho de alunos de física usuários da ferramenta computacional *modellus* na interpretação de gráficos em cinemática**. 2002. 111f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2002.
- ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio da interpretação de gráficos da Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.26, n.2, p.179 - 184, 2004.
- BEICHNER, R. J. Testing student interpretation of kinematics graphs, **American Journal of Physics**, n. 62, p. 750-762, 1994.
- BEICHNER, R. J. The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. **American Journal of Physics**, Woodbury, v. 64, n. 10, p. 1272-1277, Oct. 1996.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional (Alterada pela lei nº 9.475/97 e lei nº 10.287/2001, lei nº 10.328/2001. **Diário oficial da União**, Brasília, 20 de dezembro de 1996.
- BRASIL. 1999. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- CAMPOS, C. R. **Ensino de Matemática e da Física numa perspectiva intergracionista**. Dissertação(Mestrado). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2000.
- CARDOSO, S. O. O. **Ensinando o efeito fotoelétrico por meio de simulações computacionais**: elaboração de roteiro de aula de acordo com teoria da aprendizagem significativa. 2011. Dissertação(Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- CASTANHA, A; BITTAR,M; Os professores e seu Papel na sociedade Imperial, 2006.
- COLE, M.; SCRIBNER, S. Introdução. In: VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998. p. 1-19.
- FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.25, n.3, p.260, Setembro, 2003.

FRANCISCO FILHO, G. A educação brasileira no contexto histórico. 2001. Campinas, SP: Alínea.

FIGUEIRA, J. S. Easy Java Simulations – Modelagem computacional para ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 613 – 618, 2005.

GIOLO, C. **Percepção do conceito de física em diferentes estágios de formação do aluno**. 2014. 18 f. Monografia. Instituto de Física *Gleb Wataghin*. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2014.

JOHN-STEINER, V.; SOUBERMAN, E. Posfácio. In: VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998. p. 161-179..

JUNIOR, L. A. R.; CUNHA, M. F.; LARANJEIRAS, C. C. (2012). Simulação de experimentos históricos no ensino de física: uma abordagem computacional das dimensões histórica e empírica da ciência na sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n.4. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n4/a23v34n4.pdf>>

KENSKI, V. M.. **Educação e tecnologia: o novo ritmo da informação**. Campinas, SP: Papyrus, 2007.

LÓPEZ, S.; VEIT, E. A.; ARAÚJO, I.S. *Una revisión de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en la educación básica y media*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.38, n.2, p.3, Maio, 2016.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F., Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.2, p.84, Junho, 2002.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F., Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.2, p.78, Junho, 2002.

MOGLI- **o menino lobo** (Título original - *The Jungle Book*). Jon Favreau. Los Angeles, EUA: Walt Disney Pictures, 2016.

MOREIRA, A.; AXT, B. O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 33-48, jun. 1986.

NARDI, R. **Memórias da Educação em Ciências no Brasil: A pesquisa em Ensino de Física**. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. Departamento de Educação e Programa de Pós Graduação para Ciências. Universidade Paulista. São

ensino: implicações para a aprendizagem. São Paulo. Casa do Psicólogo, 2002, p 15-37.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D., Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Física**, v. 24, n. 2, p.87, junho, 2002.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente:** o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 6. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do Pensamento e da linguagem.** 1. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

XAVIER, B.; XAVIER, J.; MONTSE, Novell. **Applets em la enseñanza de la física.** Enseñanza de Las Ciencias, v. 21. n. 3, (p. 463-472). 2003.

WILEY, D. *Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy:* In Wiley, David A. (Ed.), **The instructional use of learning objects**, 2001, p.1-35.

APÊNDICE A

PILOTO

Esta é a primeira versão do roteiro de uso do *Modellus*, o qual contempla tanto modelagem como simulação, sendo que a primeira é mais contundente. Acreditamos que essa versão seja mais adequada aos alunos do Ensino Superior, pois demanda uma maior maturidade de raciocínio.

ROTEIRO PARA O USO DO OBJETO DE APRENDIZAGEM

SOFTWARE MODELLUS

Caro aluno, este é o software que usaremos para aprender a interpretar gráficos da cinemática. Por favor, realize as atividades do roteiro e responda às perguntas de maneira séria e tranquila.

Pode ser feito o download do software digitando no google: modellus 4.01. Ou no seguinte endereço: <https://goo.gl/t6A4de>. Esta é a página do professor Alessandro Rolim, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Atenção a Versão do Modellus tem que ser 4.01.

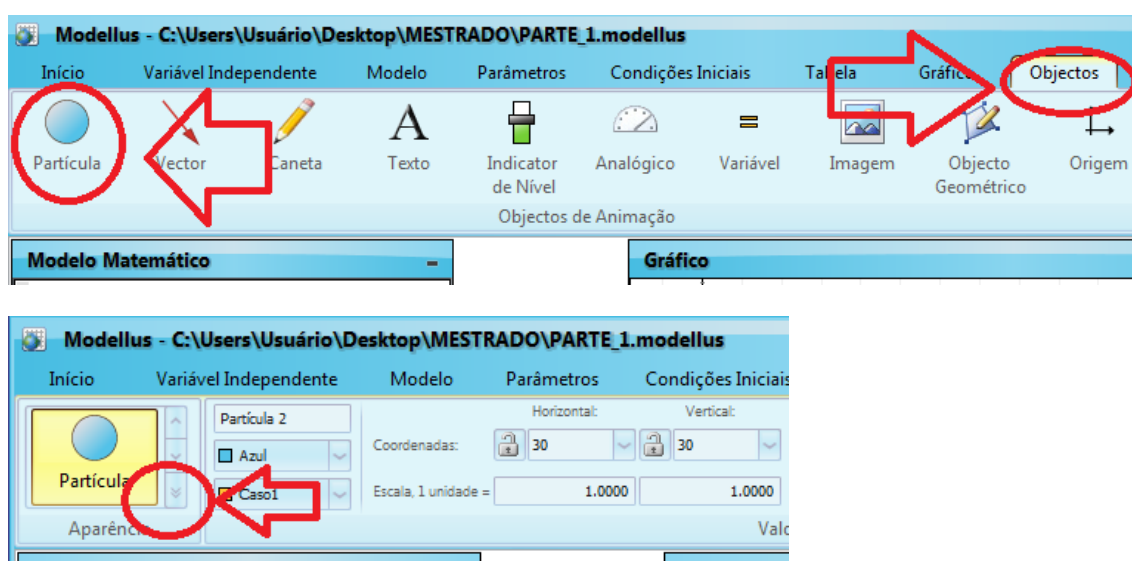
ANALISANDO O GRÁFICO POSIÇÃO X TEMPO

1- Abra o arquivo PARTE 1.

Maximize a tela, no canto superior direito.

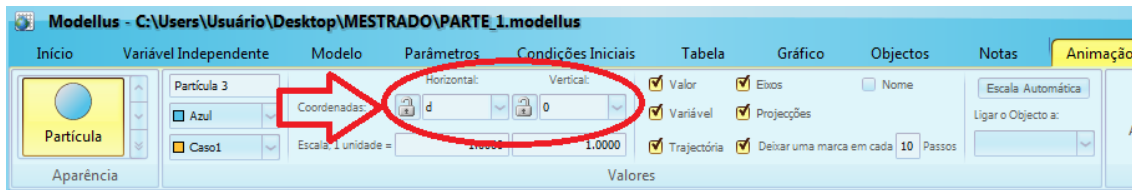
2- Na janela **modelo matemático**, escreva a equação: $d=50+v \times t$ (A letra 'x' representa uma multiplicação. Use a barra de espaço para colocá-la)

3- Vá na aba **objetos**, no alto da tela. Clique em **partícula**. Clique em alguma parte branca na tela. Aparecerá uma bolinha.

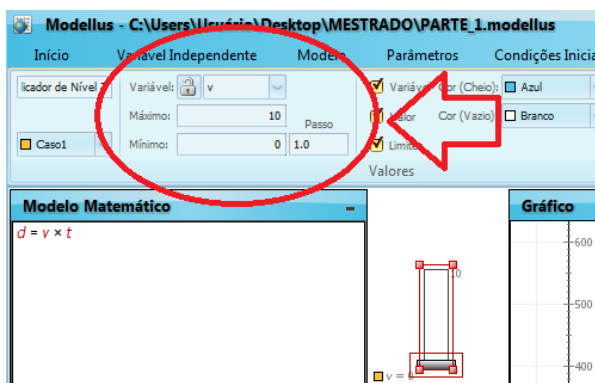


Vá em partícula e clique na setinha dupla para baixo. Escolha qual objeto/personagem você quer usar na simulação.

4- Clique no objeto/personagem que você criou. Em **coordenadas**, mais precisamente em **horizontal**, troque para **d**. E em **vertical**, coloque **zero**.



5- Vá novamente na aba **objetos** e clique em **Indicador de nível**. Clique em alguma parte branca da tela. Vá em **variável** e troque para **v**. Vá em **máximo** e coloque 10. Vá em **passo** e coloque 1. Clique na parte branca na janela de modelo matemático.



6- Clique em **play**, no canto esquerdo inferior.

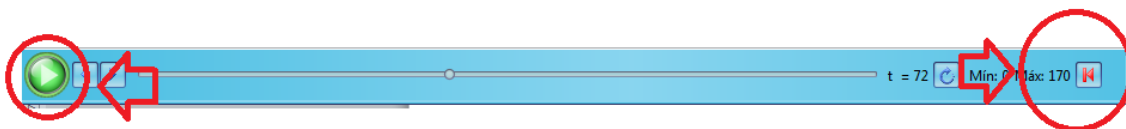
a. O que aconteceu?

7- O gráfico mostrado é **posição x tempo**.

a. O que representa o '50', na equação inicial?

b. Como é o gráfico o formato deste gráfico?

8- Aperte **pause** e **setinha vermelha** para voltar. Localizados na parte de baixo da tela.



9- Vá no indicador de nível e suba até 2. Aperte **play** e veja o que acontece.

10- Aperte **pause** e **setinha vermelha** para voltar.

11- Vá no indicador de nível e suba até 5. Aperte **play** e veja o que acontece.

- A velocidade do objeto/personagem está constante ou variável?
- A inclinação é positiva ou negativa?
- A velocidade é constante?

d. O movimento é MRU?

12- Vá em **modelo matemático**, digite uma nova equação: $d=300-v \times t$

- Clique em play novamente. Varie a velocidade no indicador de nível.
- Em que sentido o objeto/personagem está indo?
- A inclinação do gráfico **posição x tempo** é positiva ou negativa?
- Então, o que você conclui: a velocidade é positiva ou negativa?
- A velocidade continua constante?

13- Vá em **modelo matemático**, apague e digite uma nova equação:

$d=v_0 \times t + \frac{1}{2} a \times t^2$ (Lembre-se que para divisão, basta apertar barra '/')

$v_0=2$ (Para colocar ao quadrado usa-se o botão potência)

$a=1$ (E para multiplicação, basta apertar 'espaço')

- Clique na setinha vermelha no canto direito inferior.
- Clique em play novamente.
- Vá na aba **gráfico** e marque escala automática. Simule novamente.

Obs.: Observe que o indicador de nível já não é mais usado neste caso.

- O objeto/personagem está com velocidade constante?
- O que está acontecendo?
- O gráfico **posição x tempo** é uma reta ou uma curva?
- O gráfico pode representar uma parte de uma curva de uma função do segundo grau? Por que?

ANALISANDO O GRÁFICO VELOCIDADE X TEMPO

1- Abra o arquivo PARTE 2.

Maximize a tela, no canto superior direito.

2- Vá na aba **objetos**, no alto da tela. Clique em **partícula**. Clique em alguma parte branca na tela. Aparecerá uma bolinha. Vá em partícula e clique na setinha dupla para baixo. Escolha qual objeto/personagem você quer usar na simulação.

3- Clique no objeto/personagem. Em **coordenadas**, mais precisamente em **horizontal**, troque para **d**. E em **vertical**, coloque **zero**.

5- Vá novamente na aba **objeto** e clique em **Indicador de nível**. Clique em alguma parte branca da tela. Vá em **variável** e troque para **v**. Vá em **máximo** e coloque 2 e em mínimo coloque -2. Coloque passo 1. Simule apertando **play**.

6- O gráfico mostrado é de **velocidade x tempo**.

7- Aperte **pause** e **setinha vermelha** para voltar. Varie a velocidade no indicador de nível e depois aperte **play**. Coloque uma velocidade positiva e outra negativa. E observe.

- Em que sentido o objeto/personagem está indo?
- Então a velocidade é positiva quando o objeto/personagem se move para onde?
- A velocidade é negativa quando o objeto/personagem se move para onde?
- A velocidade continua constante?
- Como é o gráfico **velocidade x tempo**?
- A inclinação é positiva, negativa ou nula?
- Quem é a inclinação?

- h. O objeto/personagem acelera?
- i. O movimento é MRU?

8- Abra o arquivo PARTE_3

Observe as equações em modelo matemático. Clique em **play**.

- a. Identifique o tipo de movimento?
- b. Lembre-se, o gráfico ao dado é **Velocidade x tempo (linha azul) e Aceleração x tempo (linha vermelha)**
- c. Clique na setinha vermelha no canto direito inferior.
- d. Troque os valores para $v_0=1$ e $a=1$, simule. Depois $a=2$, simule. Depois $a=3$, simule novamente.
- e. Observe o gráfico e o carro.
- f. O carro teve velocidade constante ou acelerou?
- g. Observe a linha vermelha que representa a aceleração. Ela foi constante ou variável?

9- Abra o arquivo PARTE_4

Maximize a tela, no canto superior direito. Apenas simule, apertando **play**.

Observe o gráfico **POSIÇÃO x TEMPO**.

- a. Em algum momento o dinossauro permaneceu parado?
- b. O dinossauro trocou o sentido do movimento a partir de quando? A velocidade aí foi negativa ou positiva?
- c. Quando ele foi mais rápido?
- d. A inclinação deste gráfico é a VELOCIDADE!

10- Abra o arquivo PARTE_5

Apenas simule, apertando **play**. Observe o gráfico VELOCIDADE x TEMPO.

- a. Quem representa a inclinação?
- b. No início, como estava a velocidade? E a aceleração?
- c. De 3s a 7s, o cão acelerou? A aceleração tinha qual sinal? O que aconteceu com a velocidade?
- d. De 7s a 9s, o cão acelerou ou não? A aceleração tinha qual sinal? O que aconteceu com a velocidade? Por que o cão voltou?

APÊNDICE B

PRODUTO EDUCACIONAL – Versão final

Caro professor, este produto educacional tem por objetivo contribuir para melhorar o ensino de Física, mais especificamente a compreensão de gráficos de Cinemática. O roteiro mostra um passo-a-passo do caminho a que o estudante deve seguir. Esta é sua versão final, que contém, em sua maioria, simulações. Perguntas são feitas, a todo momento, para construir gradativamente o aprendizado do aluno. O *software* livre *Modellus* foi utilizado como plataforma e permite que o aluno interaja com o computador, realizando atividades lúdicas e interessantes. O estudante pode ver em tempo real a movimentação de objetos e a construção de gráficos associados, como a posição em função do tempo e a velocidade em função do tempo.

ROTEIRO PARA O USO DO OBJETO DE APRENDIZAGEM

SOFTWARE *MODELLUS*

Caro aluno, este é o software que usaremos para aprender a interpretar gráficos da cinemática. Por favor, realize as atividades do roteiro e responda às perguntas de maneira séria e tranquila.

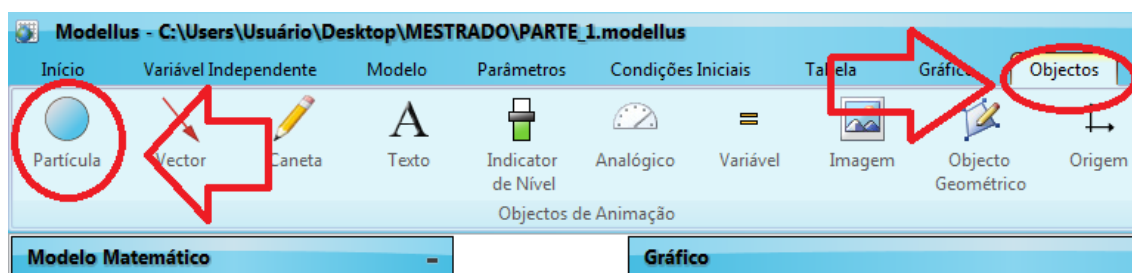
Pode ser feito o download do software digitando no Google: *Modellus* 4.01. Ou no seguinte endereço: goo.gl/J1x8jX. Este programa foi desenvolvido pelo grupo do Prof. Vitor Duarte Teodoro da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Portugal. **Atenção** a Versão do *Modellus* tem que ser 4.01.

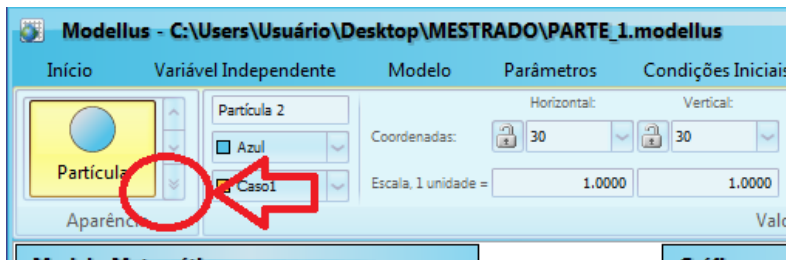
ANALISANDO O GRÁFICO POSIÇÃO X TEMPO

1- Abra o arquivo **ROTEIRO_1_**.

Maximize a tela, no canto superior direito.

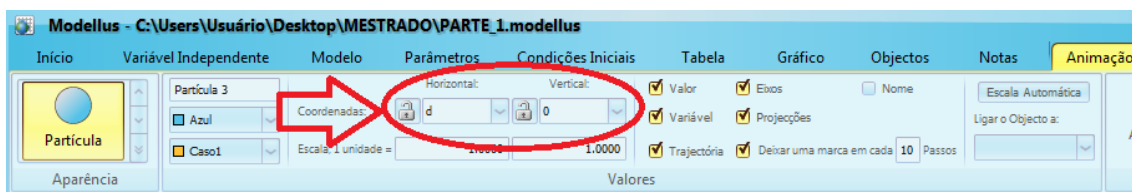
2- Vá na aba **objetos**, no alto da tela. Clique em **partícula**. Clique no canto inferior esquerdo, em alguma parte branca na tela. Aparecerá uma bolinha.





Vá em partícula e clique na setinha dupla para baixo. Escolha qual objeto/personagem você quer usar na simulação.

3- Clique no objeto/personagem que você criou. Em **coordenadas**, mais precisamente em **horizontal**, troque para **d**. E em **vertical**, coloque **zero**.



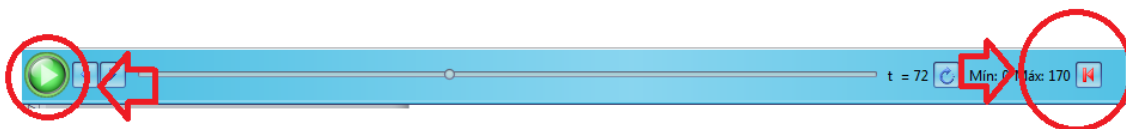
4- Clique em **play**, no canto esquerdo inferior.

a. O que aconteceu?

5- O gráfico mostrado é **posição x tempo**.

a. O que representa o '50', na equação inicial?
b. Como é o gráfico o formato deste gráfico?

6- Aperte **pause** e **setinha vermelha** para voltar. Localizados na parte de baixo da tela.



7- Vá no indicador de nível, clique e arraste a barrinha cinza horizontal, subindo até 2. Aperte **play** e veja o que acontece.

8- Aperte **setinha vermelha** para voltar.

9- Vá no indicador de nível e suba até 5. Aperte **play** e veja o que acontece.

a. A velocidade do objeto/personagem está constante ou variável?
b. A inclinação é positiva ou negativa?
c. A velocidade é constante?
d. O movimento é MRU?

10- Abra o arquivo **ROTEIRO_2_** e maximize a tela no canto direito superior

a. Clique em play novamente. Observe o movimento. Aperte **setinha vermelha** para voltar. Varie a velocidade no indicador de nível e simule novamente.
b. Em que sentido o objeto/personagem está indo?

- c. A inclinação do gráfico **posição x tempo** é positiva ou negativa?
- d. Então, o que você conclui: a velocidade é positiva ou negativa?
- e. A velocidade continua constante?

11- Abra o arquivo **ROTEIRO_3_** e maximize a tela.

- a. Clique em play e observe o movimento do planeta Terra.
- b. O planeta está com velocidade constante?
- c. O que está acontecendo?
- d. O gráfico **posição x tempo** é uma reta ou uma curva?
- e. O gráfico pode representar uma parte de uma curva de uma função do segundo grau? Por que?

ANALISANDO O GRÁFICO VELOCIDADE X TEMPO

1- Abra o arquivo **ROTEIRO_4_**.

Maximize a tela, no canto superior direito.

2- Simule, apertando **play**. Observe o gráfico e a nave espacial.

3- O gráfico mostrado é de **velocidade x tempo**.

4- Aperte **pause** e **setinha vermelha** para voltar. Varie a velocidade no indicador de nível e depois aperte **play**. Coloque uma velocidade positiva e outra negativa. E observe.

- a. Em que sentido a nave está indo?
- b. Então a velocidade é positiva quando a nave espacial se move para onde?
- c. A velocidade é negativa quando a nave se move para onde?
- d. A velocidade continua constante?
- e. Como é o gráfico **velocidade x tempo**?
- f. A inclinação é positiva, negativa ou nula?
- g. Quem é a inclinação?
- h. A nave acelera?
- i. O movimento é MRU?

5- Abra o arquivo **ROTEIRO_5_**

Maximize a tela, no canto direito superior. Observe as equações em modelo matemático. Clique em **play**.

- a. Identifique o tipo de movimento?
- b. Lembre-se, o gráfico ao dado é **Velocidade x tempo (linha azul)** e **Aceleração x tempo (linha vermelha)**
- c. Clique na setinha vermelha no canto direito inferior.
- d. Troque os valores para $v_0=1$ e $a=1$, simule. Depois $a=2$, simule. Depois $a=3$, simule novamente.
- e. Observe o gráfico e o carro.
- f. O carro teve velocidade constante ou acelerou?
- g. Observe a linha vermelha que representa a aceleração. Ela foi constante ou variável?

6- Abra o arquivo ROTEIRO_6_

Maximize a tela, no canto superior direito. Apenas simule, apertando **play**.

Observe o gráfico **POSIÇÃO x TEMPO**.

- a. Em algum momento o dinossauro permaneceu parado?
- b. O dinossauro trocou o sentido do movimento a partir de quando? A velocidade aí foi negativa ou positiva?
- c. Quando ele foi mais rápido?
- d. A inclinação deste gráfico é a VELOCIDADE!

7- Abra o arquivo ROTEIRO_7_

Maximize a tela. Apenas simule, apertando **play**. Observe o gráfico VELOCIDADE x TEMPO.

- a. Quem representa a inclinação?
- b. No início, como estava a velocidade? E a aceleração?
- c. De 3s a 7s, o cão acelerou? A aceleração tinha qual sinal? O que aconteceu com a velocidade?
- d. De 7s a 9s, o cão acelerou ou não? A aceleração tinha qual sinal? O que aconteceu com a velocidade? O cão voltou, porque a velocidade foi positiva ou negativa?

APÊNDICE C

QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

Caro aluno, esta é uma pesquisa referente ao uso da tecnologia em sala de aula. Ela irá contribuir para a melhoria do ensino de Física, na parte de gráficos. Peço que responda as perguntas de maneira séria, usando todo seu conhecimento.

Obrigado pela participação!

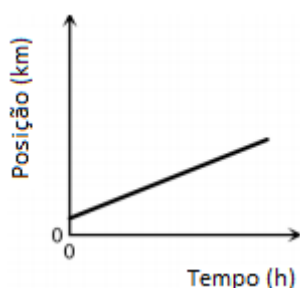
Prof. Gelber Melo Neves: e-mail: gelber.neves@gmail.com

Mestrando – Ensino de Ciências e Matemática

Ênfase em Ensino de Física – PUC-MINAS

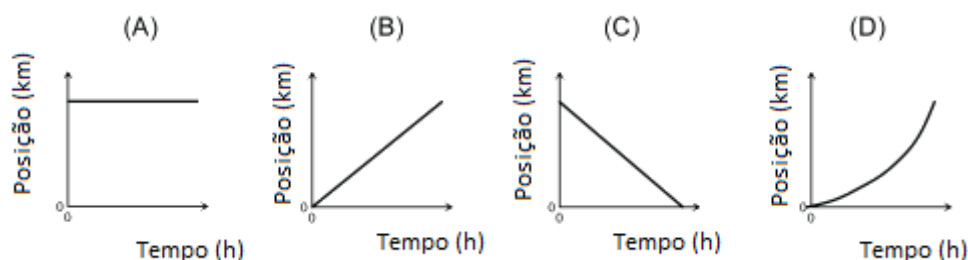
Nome:

1) Um objeto está se movendo para a direita, no sentido positivo, conforme o gráfico posição x tempo abaixo. Escolha o item que oferece a melhor interpretação para esse movimento.

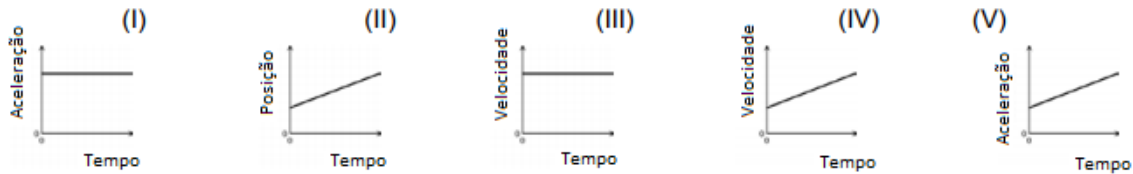


- A) O objeto acelera.
- B) O objeto não se move.
- C) O objeto tem velocidade constante.
- D) O objeto possui velocidade crescente.

2) Um caminhão move-se em uma estrada reta com velocidade constante e positiva. Despreze os atritos. Qual dos gráficos abaixo melhor representa esse movimento?



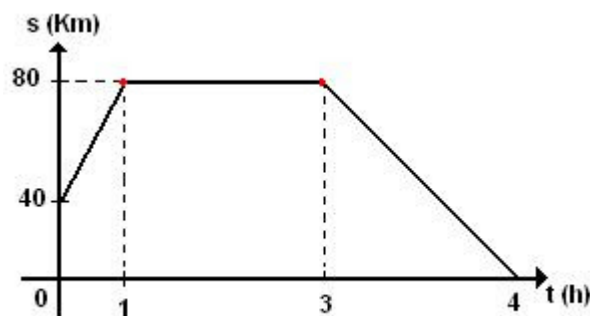
3) Considere os gráficos abaixo com diferentes eixos:



Quais desses representam um movimento retilíneo uniformemente acelerado, isto é com aceleração constante e positiva?

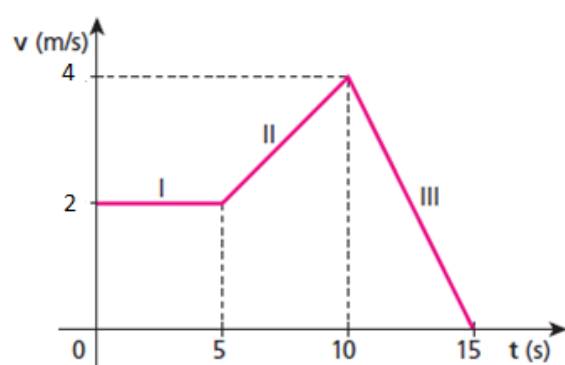
- A) II e III B) IV e V C) II e V D) I e IV

4) Um carro parte da posição km 40 e move-se para frente, no sentido positivo da trajetória. Dado o gráfico posição x tempo abaixo, **responda os itens a seguir:**



- Quantos quilômetros o carro percorreu na primeira hora de viagem?
- O que aconteceu entre a primeira e a terceira hora? Justifique.
- Quantos quilômetros o carro percorreu ao todo?
- O que representa a inclinação? Explique.
- Qual o sinal da velocidade na primeira hora de viagem?
- Qual o sinal da velocidade no intervalo entre a 3h e a 4h de viagem? Por que?
- A velocidade na primeira hora e entre 3h e 4h foi constante? Por que?

5) Um elevador move-se do primeiro andar para o quinto andar segundo o gráfico abaixo. Despreze atritos e responda as questões, **justificando todas as suas respostas:**



- a) O que representa a inclinação?
- b) O elevador permaneceu parado nos primeiros 5 s?
- c) O elevador somente subiu, ou também desceu?
- d) O que aconteceu no trecho II?
- e) O que aconteceu no trecho III?

APÊNDICE D

QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE

Caro aluno, vamos concluir a pesquisa referente ao uso da tecnologia em sala de aula. Ela irá contribuir para a melhoria do ensino de Física, na parte de gráficos. Peço que responda as perguntas de maneira séria, usando todo seu conhecimento, inclusive o que foi aprendido via o software *Modellus*.

Obrigado pela participação!

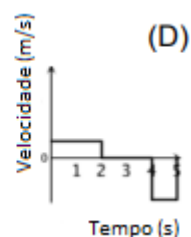
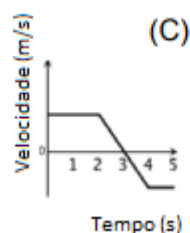
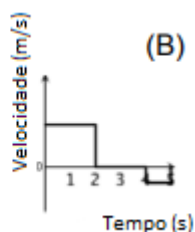
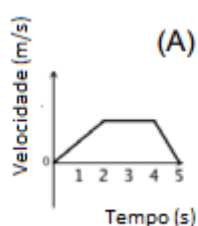
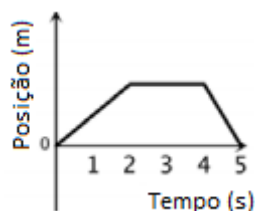
Prof. Gelber Melo Neves: e-mail: gelber.neves@gmail.com

Mestrando – Ensino de Ciências e Matemática

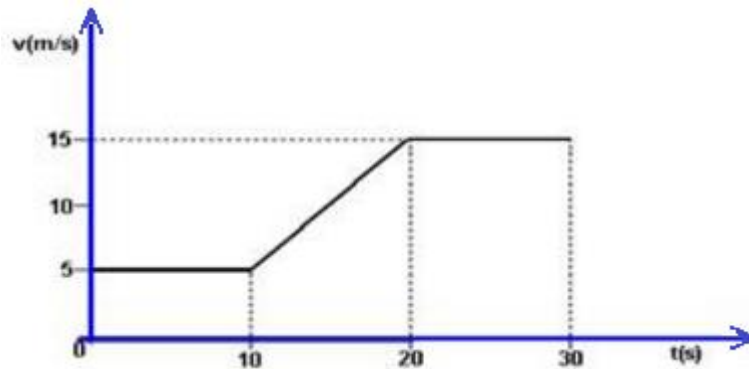
Ênfase em Ensino de Física – PUC-MINAS

Nome:

1) O gráfico posição x tempo abaixo representa o movimento de um objeto durante 5s. Qual gráfico velocidade x tempo melhor retrata o movimento do objeto durante este intervalo de tempo?

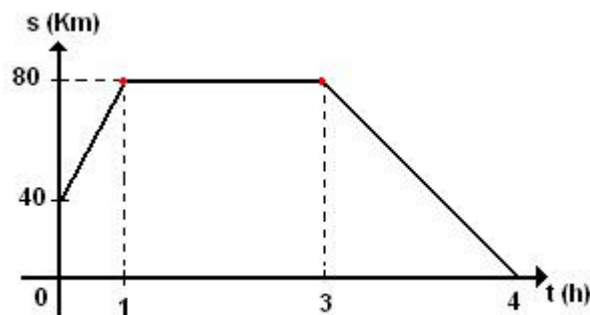


2) Uma bicicleta realiza um movimento para frente, no sentido positivo da trajetória. Despreze atritos. Dado o gráfico velocidade x tempo abaixo, marque a opção correta.



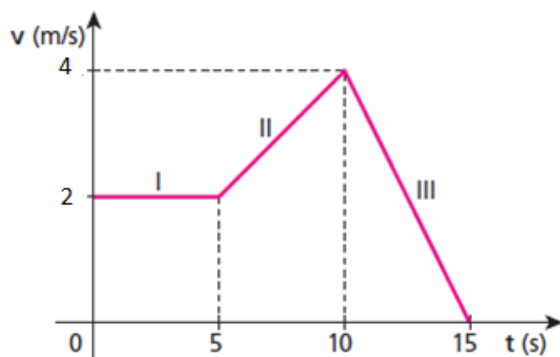
- (a) A bicicleta parte da posição 5 m.
- (b) A bicicleta permaneceu parada nos intervalos de 0 a 10s e de 20 a 30s.
- (c) Durante o intervalo de 10 a 20s, o movimento teve aceleração positiva e constante.
- (d) A bicicleta subiu uma rampa até chegar a um lugar mais alto.

3) Um carro parte da posição km 40 e move-se para frente, no sentido positivo da trajetória. Dado o gráfico posição x tempo abaixo, responda as questões abaixo.



- a) Quantos quilômetros o carro percorreu na primeira hora de viagem?
- b) O que aconteceu entre a primeira e a terceira hora? Justifique.
- c) Quantos quilômetros o carro percorreu ao todo?
- d) O que representa a inclinação? Explique.
- e) Qual o sinal da velocidade na primeira hora de viagem?
- f) Qual o sinal da velocidade no intervalo entre a 3h e a 4h de viagem? Por que?
- g) A velocidade na primeira hora e entre 3h e 4h foi constante? Por que?

4) Um elevador move-se do primeiro andar para o quinto andar segundo o gráfico abaixo. Despreze atritos e responda as questões, **justificando todas as suas respostas**:



- a) O que representa a inclinação?
- b) O elevador permaneceu parado nos primeiros 5 s?
- c) O elevador somente subiu, ou também desceu?
- d) O que aconteceu no trecho II?
- e) O que aconteceu no trecho III?