



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**O “A – E – I – O – U” DA CINEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO:
A CONTRIBUIÇÃO DA FOTOGRAFIA ESTROBOSCÓPICA
DIGITAL NA SALA DE AULA**

Alexsander Corrêa Paixão

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores
Susana Lehrer de Souza Barros
João José Fernandes de Sousa

Rio de Janeiro
31 de Maio de 2011

O “a – e – i – o – u” da Cinemática no Ensino Médio: a
contribuição da fotografia estroboscópica digital na sala de aula

Alexsander Corrêa Paixão

Orientadores

Susana Lehrer de Souza Barros

João José Fernandes de Sousa

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Presidente, Prof. Susana de Souza Barros

Prof. Marta Feijó Barroso

Prof. Francisco Caruso Neto

Rio de Janeiro
31 de Maio de 2011

- P111 Paixão, Alexsander Corrêa
O “a – e – i – o – u” da Cinemática no Ensino Médio: a contribuição da fotografia estroboscópica digital na sala de aula / Alexsander Corrêa Paixão - Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2011. ix, 143.: il.;35cm.
Orientador(a): Susana Lehrer de Souza Barros & João José Fernandes de Sousa
Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física / Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2011.
Referências Bibliográficas: f. 58-62.
1. Apresentação das propostas oficiais para a melhoria da Educação Básica. 2. Fundamentação psicopedagógica. 3. Atividades experimentais no ensino de Física. 4. Ensino da Cinemática na escola média. 5. Desenvolvimento dos conceitos básicos da Cinemática utilizando a fotografia estroboscópica digital. I. Barros, Susana Lehrer de Souza & Sousa, João José Fernandes de. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física. III. O “a – e – i – o – u” da Cinemática no Ensino Médio: a contribuição da fotografia estroboscópica digital na sala de aula.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente na minha dissertação. Sendo importante destacar:

A minha esposa Patrícia Rosa pela paciência e apoio nos momentos difíceis desse caminho.

Aos colegas de Furnas Centrais Elétricas especialmente ao Domingos Estenves e ao Silmar Ricardo por me apoiarem e incentivarem a fazer o curso. Sem a contribuição deles eu não teria como participar e concluir o mestrado profissional.

Aos colegas das escolas Colégio Estadual Professora Luiza Marinho e Escola Técnica Jucelino Kubitschek onde leciono pelo incentivo.

E um agradecimento especial a professora Susana, minha orientadora pela impressionante força de vontade para ajudar e contribuir com sua experiência profissional e de vida na minha formação. Sou eternamente grato. Obrigado pela oportunidade de trabalharmos juntos.

*“... Quem me dera, ao menos uma vez,
Que o mais simples fosse visto como o mais importante ...”*
Música: Índios - Renato Russo

RESUMO

A partir da década de 90 iniciou-se a última reforma da educação brasileira, com mudanças na lei, nos currículos escolares e nos objetivos educacionais. As “atividades experimentais” propostas nesse trabalho foram desenvolvidas de acordo com as orientações oficiais (LDB/96, PCN/99 e Reorientação curricular/2006) e adotando a organização dos objetivos educacionais proposta por Bloom, de forma que o professor utilize as atividades práticas concomitantemente com sua aula teórica, sem necessidade de um laboratório estruturado. Acredita-se que essa estratégia de ensino, estruturada com fundamentação psicopedagógica das ideias de Vygotsky, privilegia a interação aluno-aluno e professor-aluno como princípio básico para a aprendizagem e consequente desenvolvimento cognitivo do aluno, e pode dar, mesmo que modestamente, uma contribuição para a melhoria de um tema que apresenta dificuldades de aprendizagem para a maioria dos alunos, a cinemática básica no ensino médio. O produto desta dissertação é constituído por um Caderno para o Professor, no qual são desenvolvidos os conceitos básicos da cinemática escalar e apresenta o uso da fotografia estroboscópica digital como ferramenta para a coleta de dados “experimentais”. O professor poderá usar as fotografias incluídas no caderno, ou as instruções apresentadas para a produção das próprias imagens.

Palavras chave: *cinemática, fotografia digital, ensino de física, concomitância conceitual, atividade prática.*

ABSTRACT

The “a-e-i-o-u” of the teaching of kinematics in high school: the contribution of the estroboscopic digital photography in the classroom

The last reform of the Brazilian education dates from the 90's. Its implementation demanded profound changes in school curricula and educational goals. The 'experimental activities' proposed in this work were developed following the official documents (LDB/96, PCN/99 and Curricular Reorientation /2006) and adopted the organization of educational objectives proposed by Bloom. The teacher can use the practical activities concurrently with his lectures without the need of an structured laboratory. This teaching strategy, fundamented in Vygotsky's ideas, focuses on student-student and teacher-student interactions as basic principles for learning, with the subsequent cognitive development of the student, and can give, even if modest, a contribution to improve learning of a difficult subject for most students in high school. The product of this work is a booklet for the teacher to develop the basics of scalar kinematics in the classroom using the stroboscopic digital photography as a tool to obtain data from the 'experimental activity'. The teacher may use either the photographs presented in the booklet or produce his own images, following the instructions given.

Keywords: *kinematics, digital photography, physics education, and concomitant conceptual, practical activity*

INDICE

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1. APRESENTAÇÃO DAS PROPOSTAS OFICIAIS PARA A MELHORIA DA EDUCAÇÃO BÁSICA	5
1.1. A Conferência Mundial de Educação para Todos	6
1.2. Políticas Públicas para melhoria da Educação Básica	7
1.2.1. Reforma nos objetivos educacionais	7
1.2.2. Programas auxiliares para diagnosticar a qualidade da educação básica	9
1.2.3. Programas para financiamento e gestão da Educação Básica	11
1.3. Comentários	11
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTAÇÃO PSICOPEDAGÓGICA	13
2.1. A Teoria da Mediação de Vygotsky	13
2.1.1. Instrumentos e signos	13
2.1.2. A formação dos conceitos	15
2.1.3. Zona de Desenvolvimento Proximal e Zona de Desenvolvimento Real	17
2.2. A Taxonomia de Bloom	19
CAPÍTULO 3. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA	22
3.1. A diferença entre laboratório didático e laboratório científico	22
3.2. Características das atividades experimentais	24
3.3. A utilização de novas tecnologias nas atividades experimentais	27
CAPÍTULO 4. ENSINO DA CINEMÁTICA NA ESCOLA MÉDIA	30
4.1. A compreensão dos conceitos físicos	30
4.2. Interpretação das equações e símbolos	31
4.3. Conceitos de posição e instante de tempo	32
4.4. Conceito de velocidade média	34
4.5. Conceito de velocidade instantânea	36
4.6. Conceito de aceleração	37
4.7. Representação gráfica do movimento	38
4.7.1. Características dos gráficos posição x tempo e velocidade x tempo	40

CAPÍTULO 5. DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS BÁSICOS DA CINEMÁTICA UTILIZANDO A FOTOGRAFIA ESTROBOSCÓPICA DIGITAL	45
5.1. Estratégia para o ensino da Cinemática	46
5.2. Atividades práticas no ensino de física	47
5.3. O uso de atividades práticas na Cinemática	47
5.3.1. O ensino da cinemática utilizando a fotografia estroboscópica digital	48
BIBLIOGRAFIA	58
Apêndice 1. Levantamento sobre a eficiência da aprendizagem do aluno sobre os conceitos básicos da cinemática	63
Apêndice 2. Caderno para o professor	64

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como ponto de partida o cotidiano do Ensino Médio e as dificuldades que os alunos apresentam nas aulas de física. A dissertação aborda a necessidade de inserir a disciplina num contexto que facilite a aprendizagem.

É muito comum ouvir dos alunos que a matéria *é muito difícil, complicada de aprender, vou ficar reprovado nessa matéria*, etc. Ao tentar mudar essa realidade, o professor percebe que a dificuldade que os estudantes enfrentam diante da disciplina leva à falta de motivação e ao desinteresse. Muitas vezes o fracasso na aprendizagem ao longo dos estudos deve-se à falta de formação básica.

As dificuldades de aprendizagem dos alunos encontradas pelo professor de Física não são exclusivas dessa disciplina. A leitura, compreensão e redação da língua portuguesa assim como o embasamento das operações básicas matemáticas aparecem comumente como empecilhos tanto na área das ciências exatas como nos outros campos de conhecimento. No caso específico da Física, o ensino limita-se, com frequência à apresentação discursiva de conceitos, leis e fórmulas, privilegiando a teoria e a abstração, em detrimento do desenvolvimento gradual dos conteúdos que tem início na observação dos fenômenos, de acordo com os objetivos educacionais anteriores à LDB¹ (BRASIL, 1996). A apresentação teórica feita regularmente em geral não é suficiente para a aquisição do conhecimento por parte do educando.

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

Os dados de fraco desempenho dos alunos no processo de ensino-aprendizagem são mostrados pelos resultados publicados das avaliações nacionais e internacionais (vestibulares, ENEM², PISA³). Essas informações são confirmadas pelos

¹ A apresentação dos objetivos da LDB é feita na seção 1.2.

² A apresentação dos objetivos do ENEM é feita na seção 1.2.

professores das escolas públicas do Rio de Janeiro e estão exemplificadas nas citações seguintes veiculadas na mídia,

O Brasil está entre os três países que mais evoluíram na educação nesta década. A informação foi divulgada nesta terça-feira, em Paris, pela OCDE³, que tornou público o resultado do PISA 2009. Mas o estudo também revela que o Brasil ainda ocupa o 53º lugar no ranking geral, num total de 65 países que fizeram o exame. (PISA: Jornal O Globo, 2009)

Quase sete mil escolas de todo o país tiraram média abaixo de 500 no ENEM 2009, numa escala que vai de 0 à 1.000. Dessas, 97,8% são das redes estaduais. (ÉBOLI: Jornal O Globo, 2010)

Assim, tanto as estatísticas, que quase diariamente aparecem na mídia, quanto as declarações de autoridades, políticos e educadores, apontam para resultados das avaliações que se sucedem e evidenciam os efeitos de décadas da baixa qualidade do ensino. A educação não cumpre o seu papel, seja pela ineficiência de formação dos alunos para o mercado de trabalho, quanto para a continuação dos estudos – cursos técnicos profissionalizantes e/ou universidade – e por não formar para a cidadania, como apontam dentre outros, os autores Shiroma *et al.* (2007). Os estudos e pesquisas mostram que a aprendizagem escolar resulta frequentemente em um conhecimento fragmentado e de aplicação limitada, como um quebra cabeças incompleto.

Por essas razões o diagnóstico do ensino público básico, que vinha sendo analisado desde o final da década de 80 para embasar as mudanças necessárias levou à aprovação da atual Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996). As mudanças na lei retiraram o caráter propedêutico do antigo segundo grau e transformaram o Ensino Médio em etapa conclusiva da Educação Básica de toda a população estudantil brasileira, como enunciado nos objetivos da Lei:

... preparar pessoas capacitadas para inserção no mercado de trabalho; desenvolver a percepção do aluno como sujeito de intervenção de seu próprio processo histórico e das transformações da sociedade; compreender os fenômenos sociais e científicos que fazem parte de seu cotidiano; e possibilitar a continuação de seus estudos. (BRASIL, 1996)

A LDB exigiu mudanças estruturais e metodológicas na Educação Básica. A universalização do ensino para todos alterou profundamente os objetivos educacionais estabelecidos nas décadas anteriores, porém encontrou uma escola que não estava

³ PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos) é um programa internacional de avaliação comparada, cuja principal finalidade é produzir indicadores sobre a efetividade dos sistemas educacionais, avaliando o desempenho de alunos na faixa dos 15 anos de idade em que se pressupõe o término da escolaridade básica obrigatória na maioria dos países.

⁴ OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico) é uma organização que reúne 30 países comprometidos com a democracia representativa e a economia livre de mercado. Com alcance internacional, as decisões da OCDE geram acordos multilaterais que buscam o progresso das nações na economia globalizada. O grupo foi criado em 1961 e tem sede em Paris, na França.

preparada para tal. Quinze anos depois, a instituição ainda sofre as consequências de uma implantação que lhe foi imposta.

Assim, os Parâmetros Curriculares Nacionais⁵ (MEC, 2002) foram desenvolvidos com o objetivo de descrever diretrizes para auxiliar a escola e dar suporte aos professores na implementação da reforma da LDB/1996. Posteriormente, as Secretarias de Educação dos estados atualizaram também seus currículos.

Especificamente no Rio de Janeiro, a Reorientação Curricular⁶ (SEE/RJ, 2006) levou em conta as dificuldades apontadas nos diversos diagnósticos e propôs orientações para o desenvolvimento do conteúdo de Física nas Escolas Públicas que reorientam os objetivos da Educação Básica descritos nos PCNs. Assim, conteúdos que tradicionalmente eram apresentados na primeira série do Ensino Médio, como o estudo da mecânica, nos quais os alunos apresentam dificuldades de aprendizagem, foram considerados de alta abstração para o aluno iniciante do ensino médio e deslocados temporalmente para a segunda série.

O presente trabalho relaciona-se com a problemática do processo ensino-aprendizagem da Cinemática fundamental. Trata-se de um conteúdo que sempre apresentou dificuldade para os alunos por ser um tema árido cuja fenomenologia é descritiva e voltada para a matemática. O assunto traz um elemento desmotivante para o aluno, que por vezes permeia o ensino da física ao longo dos três anos de Ensino Médio com um desempenho negativo na disciplina.

Para atingir o objetivo de facilitar a aprendizagem, são apresentadas estratégias para o ensino da cinemática escalar, fundamentadas em propostas psicodidáticas (Capítulo 2) que solicitam do aluno uma postura participativa no processo de ensino-aprendizagem. A metodologia proposta, desenvolvida no produto didático desta dissertação (Caderno para o Professor – Apêndice 2) se diferencia pelo fato de não exigir o uso de um laboratório estruturado escolar. A hipótese é que as atividades práticas, sem as quais é difícil concretizar o ensino desse conteúdo, tem como meta principal auxiliar os professores de Física do Ensino Médio das Escolas Públicas Estaduais a superarem as dificuldades encontradas para desenvolverem os conceitos das grandezas fundamentais da cinemática escalar. Através da utilização de uma tecnologia simples, de baixo custo e adequada à realidade da escola pública brasileira, busca-se

⁵ A apresentação dos objetivos dos PCNs é feita na seção 1.2.

⁶ A apresentação dos objetivos da Reorientação Curricular é feita na seção 1.2.

uma metodologia mais adequada. O fenômeno cinemático é trabalhado de forma concreta através da análise de fotografias estroboscópicas digitais de fácil obtenção. É oferecido no Caderno para o Professor (Apêndice 2), o procedimento “passo a passo” para o professor que deseje produzir suas fotografias e/ou deseje desenvolver a técnica em sala de aula.

Este trabalho apresenta uma aplicação da fotografia estroboscópica digital – produzida com uma técnica simples e de baixo custo – para o ensino da cinemática escalar. Utilizam-se atividades práticas que não necessitam do laboratório estruturado e podem ser aplicadas conjuntamente com as aulas regulares. Essa concomitância entre aula expositiva e atividade prática é uma estratégia para o desenvolvimento gradual dos conceitos físicos. O aluno interage com seus pares, que possuem conhecimentos em níveis cognitivos diferentes e com o professor (VYGOTSKY, 1987). Acredita-se que, quando o aluno solicita o auxílio do professor sobre alguma dificuldade, significa que ele já tem um certo nível de compreensão do assunto e precisa de ajuda para avançar para o próximo nível. Os objetivos educacionais das atividades propostas no Caderno para o Professor (Apêndice 2) são organizados hierarquicamente do mais simples para o mais complexo, segundo a Taxonomia de Bloom (ISAACS, 1996).

Esta abordagem privilegia a construção gradual dos conceitos básicos da cinemática. É proposto que o professor oriente os alunos de forma que eles desenvolvam gradualmente o simbolismo das grandezas físicas em conjunto com seus significados; compreendam as expressões matemáticas; as correlacionem com as representações gráficas dos dados experimentais e possam fazer inferências a respeito dos fenômenos estudados, partindo das observações das situações concretas apresentadas.

Este trabalho segue a proposta da Reorientação Curricular da Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro (SEE/RJ, 2006). O tópico é apresentado para ser abordado no segundo ano do Ensino Médio.

CAPÍTULO 1. APRESENTAÇÃO DAS PROPOSTAS OFICIAIS PARA A MELHORIA DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Devido às mudanças ocorridas no Sistema Educacional Brasileiro para a implementação da LDB/96, a partir da década de 90 houve um aumento considerável do número de alunos matriculados na Rede Pública. Contudo, a escola não foi preparada para enfrentar a demanda exigida, tanto do ponto de vista estrutural, quanto da própria gestão educacional, um entrave que prejudicou a qualidade do Ensino Público. Tais mudanças não consideraram a diversidade do perfil dos estudantes e contribuíram para elevar os índices de repetência e evasão escolar ao longo da década. As soluções encontradas foram e são ainda hoje insuficientes para resolver o problema de qualidade da Educação Básica.

O relatório Delors, 1998 das Nações Unidas trata da qualidade do ensino público, problema comum aos países em desenvolvimento. Delors (1998), considerou o desperdício de recursos humanos e financeiros e propôs medidas encaminhando possíveis soluções:

... reformas na formação de professores; experiências inovadoras de trabalho em grupo; introdução de ensino em equipe; e utilização de tecnologias como materiais didáticos modernos. (DELORS, 1998)

O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP/MEC, 2010) fornece dados quantitativos recentes sobre a educação no Brasil como descrito na citação a seguir:

O Censo Escolar 2010 aponta que o Brasil tem 51,5 milhões de estudantes matriculados na Educação Básica pública e privada – creche, pré-escola, ensino fundamental e médio, educação profissional, especial e de jovens e adultos. Dos 51,5 milhões, 43,9 milhões estudam nas redes públicas (85,4%) e 7,5 milhões em escolas particulares (14,6%). Atendem os estudantes da Educação Básica 194.939 estabelecimentos de ensino. Em 2009, o censo registrou 52,5 milhões de alunos na Educação Básica. (INEP/MEC, 2010)

Nesse cenário, o professor é a peça-chave. É ele quem precisa desenvolver conteúdos programáticos adaptados à realidade da maioria de um público estudantil muito heterogêneo, tanto em conhecimento quanto em cultura. O docente busca contribuir na formação desses alunos - estudantes jovens e adultos no ensino público - a fim de motivá-los nos estudos, desenvolver autonomia, estimular o rigor intelectual e criar as condições necessárias para o sucesso da educação formal e permanente, voltada para o futuro.

1.1. A Conferência Mundial de Educação para Todos

Em 1990, realizou-se em Jomtien, na Tailândia, a *Conferência Mundial de Educação para Todos*, organizada pela UNESCO⁷, a UNICEF⁸, o PNUD⁹ e o Banco Mundial¹⁰. Os 155 governos que subscreveram a declaração aprovada nesse encontro comprometeram-se a assegurar uma Educação Básica de qualidade universal para as crianças, jovens e adultos dos respectivos países.

Esse evento foi o marco a partir do qual os nove países de maior taxa de analfabetismo do mundo (Bangladesh, Brasil, China, Egito, Índia, Indonésia, México, Nigéria e Paquistão), conhecidos como E9, foram levados a desencadear ações para a consolidação dos princípios acordados na *Declaração de Jomtien (1990)*. Seus governos comprometeram-se a impulsionar políticas educativas articuladas a partir do *Fórum Consultivo Internacional de Educação para Todos (SHIROMA et al., 2007)*.

A *Declaração Educação para Todos* espalhou a ideia de que... *a educação deve suprir as necessidades básicas de aprendizagem de crianças, jovens e adultos*. Esse conceito refere-se àqueles conhecimentos teóricos e práticos, capacidades, valores e atitudes indispensáveis para o sujeito enfrentar suas necessidades básicas e conviver numa sociedade inclusiva. O documento definiu os objetivos a serem cumpridos até 2015.

Expandir e melhorar a educação e os cuidados na primeira infância; assegurar que, até 2015, todas as crianças tenham acesso à educação primária completa, gratuita, obrigatória e de boa qualidade; assegurar que as necessidades de aprendizagem de todos os jovens e adultos sejam atendidas; facilitar o acesso à educação básica e contínua para todos os adultos; melhorar todos os aspectos da qualidade da educação; e assegurar que os resultados de aprendizagem sejam reconhecidos e mensuráveis principalmente em leitura e matemática. (UNESCO, 2010)

A *Conferência Mundial de Educação para Todos (1990)* foi o ponto de partida da mudança da política educacional brasileira.

7 A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) nasceu no dia 16 de novembro de 1945 com o objetivo de criar condições para um genuíno diálogo fundamentado no respeito pelos valores compartilhados entre as civilizações, culturas e pessoas.

⁸ UNICEF (Fundo das Nações Unidas para a Infância) é uma agência das Nações Unidas que tem como objetivo promover a defesa dos direitos das crianças, ajudar a dar resposta às suas necessidades básicas e contribuir para o seu pleno desenvolvimento.

⁹ PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) é a rede global de desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, presente em 166 países. Seu mandato central é o combate à pobreza. Trabalhando ao lado de governos, iniciativa privada e sociedade civil, o PNUD conecta países a conhecimentos, experiências e recursos, ajudando pessoas a construir uma vida digna e trabalhando conjuntamente nas soluções traçadas pelos países-membros para fortalecer capacidades locais e proporcionar acesso a seus recursos humanos, técnicos e financeiros, à cooperação externa e à sua ampla rede de parceiros.

¹⁰ O Banco Mundial ajuda governos de países em desenvolvimento a reduzir a pobreza por meio de empréstimos e experiência técnica para projetos em diversas áreas – como a construção de escolas, hospitais, estradas e o desenvolvimento de projetos que ajudam a melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Sem entrar na discussão sobre a eficiência no cumprimento dos acordos, é possível afirmar que houve iniciativas para a melhoria da qualidade da educação em todas as esferas governamentais. Há preocupação com o IDEB¹¹ alcançado pelas escolas públicas no Brasil por parte dos responsáveis pelas políticas educacionais, pois o país ainda está longe de atingir o padrão de qualidade estabelecido há 20 anos.

A seguir são apresentadas algumas das iniciativas desenvolvidas no país com o objetivo de atingir as metas educativas propostas em Jomtien (1990).

1.2. Políticas Públicas para melhoria da educação básica

1.2.1. Reforma nos objetivos educacionais

As Diretrizes e Bases para a Educação Nacional

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996) aponta para a necessidade de uma reforma curricular (mudança na filosofia educacional, no conteúdo programático e no método pedagógico), gestão da política educacional em todos os níveis (formação do professor e estrutura escolar), que se inspira em parte nas visíveis transformações por que passa a sociedade contemporânea, levando em conta as necessidades para a operacionalização das mudanças pretendidas.

A LDB (BRASIL, 1996) tem como ponto central definir a nova identidade do Ensino Médio, ou seja, o *Ensino Médio torna-se a etapa final do que se entende por Educação Básica*. Assim, toda a população estudantil tem o direito de acesso à escola pública gratuita. Dessa forma, o Ensino Médio, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

... a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, possibilitando o prosseguimento dos estudos; a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores; o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; e a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 1996)

¹¹ O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) foi criado em 2007 para medir a qualidade de cada escola e de cada rede de ensino. O indicador é calculado com base no desempenho do estudante em avaliações do INEP e em taxas de aprovação. Assim, para que o IDEB de uma escola ou rede cresça é preciso que o aluno aprenda, não repita o ano e frequente a sala de aula.

Acredita-se que ao final desse nível de ensino, o aluno esteja em condições de partir para a realização de seus projetos pessoais e coletivos. Segundo Ricardo (2003), o Ensino Médio preparará não só para o prosseguimento dos estudos, mas também para que o aluno possa fazer escolhas e decidir seu futuro, que tanto pode ser um curso de graduação, um curso profissionalizante ou a entrada no mercado de trabalho.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC, 2002) para a Educação Básica, foram elaborados para a implementação da reforma dos objetivos educacionais, descritas pela LDB (BRASIL, 1996).

A reforma curricular do Ensino Médio, proposta pelos PCNs, estabelece a divisão do conhecimento escolar em três áreas – Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias – e tem como base a reunião daqueles conhecimentos que compartilham esses objetos de estudo. Busca-se com isso a interdisciplinaridade e o aprendizado dos conteúdos para a formação do cidadão, ou seja:

... uma proposta para o Ensino Médio que, sem ser profissionalizante, efetivamente propicie um aprendizado útil à vida e ao trabalho, no qual as informações, o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente, evitando tópicos cujos sentidos só possam ser compreendidos em outra etapa de escolaridade. (MEC, 2002)

No caso específico da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias foram definidas competências e habilidades que devem ser adquiridas pelo aluno em Biologia, Física, Química e Matemática apresentadas resumidamente na citação abaixo.

Representação e comunicação - desenvolver a capacidade de comunicação. Investigação e compreensão - desenvolver a capacidade de questionar processos naturais e tecnológicos, identificando regularidades, apresentando interpretações e prevendo evoluções. Desenvolver o raciocínio e a capacidade de aprender. Contextualização sócio-cultural - Compreender e utilizar a ciência, como elemento de interpretação e intervenção e a tecnologia como conhecimento sistemático de sentido prático. (MEC, 2002)

Assim, os PCNs propõem que os professores da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias trabalhem de forma integrada para desenvolverem conhecimentos práticos e contextualizados e assim formarem um cidadão capaz de

compreender fenômenos naturais e utilizar procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional na sua vida ativa.

A Reorientação Curricular proposta pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro

A Reorientação Curricular proposta pela Secretaria de Estado de Educação do Estado do Rio de Janeiro tem como objetivo propor estratégias para o ensino, que reelaboram as orientações curriculares descritas nos PCNs para sua implementação nas escolas do estado.

No caso da Física, a Reorientação Curricular (SEE/RJ, 2006) propõe inovações para o currículo tradicional. A filosofia educacional que guia essa proposta é explicitada de forma clara para o professor,

Tão importante quanto conhecer os princípios fundamentais da Física é saber como chegamos a eles e porque acreditamos neles. Não basta ter conhecimento científico sobre a natureza; também é necessário entender como a ciência funciona, pois só assim as características e limites deste saber podem ser avaliados. O estudo da Física coloca os alunos da escola média frente a situações concretas que podem ajudá-los a compreender a natureza da ciência e o conhecimento científico. (AGUIAR, 2006)

O ordenamento dos tópicos da física é modificado para atender as dificuldades de aprendizagem do aluno levando em consideração a linguagem matemática simples e a possibilidade do professor trabalhar os conceitos físicos a partir da observação dos fenômenos utilizando demonstrações práticas. Na primeira série são abordados os tópicos Temperatura, Calor e Ótica. Na segunda série é abordada a Mecânica, porque os alunos já estudaram a matemática (equações, gráficos e funções) e sabem usá-la com maior segurança. Na terceira série são abordados os temas Eletromagnetismo e Ondas.

Para justificar a proposta,

... um ensino de física que enfatize a compreensão qualitativa de conceitos e não a memorização de equações matemáticas e que esteja baseado na discussão de fatos cotidianos e demonstrações práticas feitas em aula e não na realização repetitiva de exercícios pouco relevantes. (AGUIAR, 2006)

1.2.2. Programas auxiliares para diagnosticar a qualidade da educação básica¹²

Existem vários projetos voltados para melhoria da qualidade do Ensino Público Nacional de forma a garantir as mudanças apresentadas pela LDB. Esses programas agem em várias áreas da educação, tais como:

¹²Para conhecer outros programas acesse o portal do MEC: <<http://www.mec.gov.br>>.

- Diagnóstico – Prova Brasil, Provinha Brasil, IDEB, ENEM;
- Material pedagógico – PNLEM, Coleção Explorando o Ensino, PNLD, Programa Nacional Biblioteca da Escola;
- Administração – PNE, PDDE;
- Gestão escolar – PDE, FUNDEB;
- Incentivo ao ensino – Prêmio Ciências no Ensino Médio, Prêmio Professores do Brasil, Rede Nacional de Formação de Professores.

Não cabe neste trabalho apresentar todas as ações desenvolvidas nem tampouco descrever cada um desses programas, ou discutir a respeito da eficiência de cada projeto. Esta apresentação é apenas informativa e tem o objetivo de mostrar as iniciativas do Governo Federal em subsidiar as mudanças na qualidade do Ensino Público.

A seguir alguns projetos que tratam do diagnóstico da aprendizagem dos alunos e do financiamento de projetos pedagógicos.

Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)

Este exame foi criado em 1998 com o objetivo de avaliar o conhecimento dos estudantes brasileiros ao término do Ensino Médio visando fazer um diagnóstico da Educação Básica. Atualmente o ENEM é utilizado como critério de seleção para o estudante adquirir uma bolsa de estudos no PROUNI¹³, assim como para o ingresso no Ensino Superior, tanto nas universidades públicas como nas particulares, seja complementando ou substituindo o vestibular. Atualmente, há universidades públicas que utilizam o SISU¹⁴ como critério de seleção de alunos para ingressar no Ensino Superior.

Prova Brasil

A Prova Brasil é composta de questões de língua portuguesa e matemática e faz parte do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB). Foi aplicada inicialmente em novembro de 2005, na quarta e oitava séries (quinto e nono anos) do

¹³ PROUNI é um programa do Ministério da Educação, criado pelo Governo Federal em 2004, que oferece bolsas de estudos em instituições de educação superior privadas, em cursos de graduação e sequenciais de formação específica, a estudantes brasileiros e sem diploma de nível superior.

¹⁴ SISU (Sistema de Seleção Unificada) é o sistema informatizado, gerenciado pelo Ministério da Educação, por meio do qual as instituições públicas de educação superior participantes selecionam novos estudantes exclusivamente pela nota obtida no ENEM, realizado em 2010. O processo seletivo do SISU a ser realizado no primeiro semestre de 2011 selecionará candidatas a vagas para ingresso em cursos no primeiro semestre e, em algumas instituições, também para o segundo semestre de 2011.

ensino fundamental e na terceira série do ensino médio, com o objetivo de fornecer informações sobre o ensino oferecido pelas escolas públicas. Cada escola recebe a sua avaliação, dessa forma a comunidade escolar pode estabelecer metas e implantar ações pedagógicas e administrativas para a melhoria da qualidade do ensino. Essas informações também auxiliam o Governo a decidir sobre o direcionamento dos recursos técnicos e financeiros. Os dados dessas avaliações são comparáveis ao longo do tempo, ou seja, pode-se acompanhar a evolução do desempenho de cada escola.

1.2.3. Programas para financiamento e gestão da Educação Básica

Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica (FUNDEB)

Criado em 2007 com término previsto para 2020, o FUNDEB tem como objetivo principal distribuir recursos financeiros pelo país para toda a Educação Básica e para os programas direcionados a jovens e adultos, levando em consideração o desenvolvimento social e econômico da região, isto é, o Governo Federal complementa o orçamento das regiões onde o investimento por aluno seja inferior ao valor mínimo fixado.

Plano de Desenvolvimento da Escola (PDE)

Criado em 2007, o PDE foi desenvolvido com o propósito de auxiliar a escola, através de assistência técnica e financeira, na tomada de decisões e no desenvolvimento de ações que definem o que é a escola, o que ela pretende fazer, aonde ela pretende chegar, de que maneira e com quais recursos, ou seja, na realização do projeto político pedagógico. O PDE é um processo de planejamento estratégico elaborado de modo participativo com a comunidade escolar (equipe escolar, pais de alunos e outras partes interessadas), no qual a escola desenvolve estratégias para a melhoria da qualidade do ensino.

1.3. Comentários

Pela apresentação acima, é possível reconhecer a preocupação do Governo Federal com a melhoria da educação brasileira através das diversas ações desenvolvidas.

Essas iniciativas contribuíram para orientar a produção do material pedagógico deste trabalho. É importante que os professores se engajem na campanha em prol da

melhoria do ensino público, que só poderá ser implementada com a colaboração de todos, especialmente dos professores. Este trabalho pretende dar uma modesta contribuição para a solução de alguns dos inúmeros problemas que afligem o ensino de física na escola. Esse ensino tem demonstrado sua ineficiência através do desempenho dos alunos nos vestibulares do país, onde sistematicamente mostra resultados deficientes.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTAÇÃO PSICOPEDAGÓGICA

A atividade experimental oferece, através da observação dos fenômenos e da manipulação de materiais, oportunidades para levar o aluno a conectar os conceitos científicos e as teorias apresentadas em sala de aula.

Entende-se que a aprendizagem não resulta apenas da atividade em si – aulas expositivas tradicionais e atividades experimentais no laboratório didático – mas das interações aluno-aluno e professor-aluno que ocorrem no trabalho coletivo, pois acredita-se que essa estratégia torna a compreensão mais acessível e eficiente. Para que isso ocorra é necessário que os objetivos propostos estejam claramente definidos e organizados de forma sequencial a partir dos conceitos simples aos complexos.

Segundo Gaspar (2003), as atividades experimentais bem planejadas e quando executadas em grupo, envolvem os alunos na solução do problema. Isso significa que eles discutem sobre as mesmas ideias e estão engajados em encontrar respostas. A atividade realizada em grupo é uma das condições para que o trabalho se desenvolva de modo que alguém que sabe mais contribui para a compreensão dos colegas e quando aparecem dificuldades, o grupo formula questões e recorre ao professor. Quando o aluno formula uma pergunta sobre o conteúdo, demonstra que detém uma parte do conhecimento e agora precisa de ajuda para poder avançar nas tarefas desenvolvidas.

2.1. A Teoria da Mediação de Vygotsky

A base da teoria desenvolvida por Vygotsky (1987) explica que o desenvolvimento cognitivo do aluno sofre influência do contexto social, histórico e cultural do qual ele faz parte e depende das interações entre as pessoas que possuem níveis de conhecimento diferentes.

2.1.1. Instrumentos e signos

Segundo Vygotsky (1987), a origem dos processos mentais superiores (pensamento, linguagem e comportamento) está na convivência diária das pessoas nos grupos sociais, ou seja, o desenvolvimento cognitivo ocorre a partir da interação entre pessoas com diferentes níveis de conhecimento e com objetos concretos. Porém, a aprendizagem não ocorre de maneira direta, é mediada através da utilização de

instrumentos e *signos* que representam o conhecimento já existente no ambiente de convivência. A seguir são apresentados conceitos de *instrumento* e *signo*, segundo Oliveira (2008).

Um *instrumento* é algo que pode ser usado para realizar uma ação ou atividade, ou seja, é um componente concreto entre o aprendiz e o objeto de seu trabalho, ampliando as possibilidades de melhoria da tarefa. Assim, um *instrumento* atua externamente na atividade humana e tem a finalidade de melhorar o domínio do homem sobre a atividade desenvolvida. Neste trabalho, a fotografia estroboscópica é um exemplo de *instrumento* porque permite a obtenção de dados quantitativos do movimento do corpo que servem para verificar o comportamento das grandezas físicas.

Um *signo* é o análogo do *instrumento* no campo psicológico e internamente dirigido para o controle do próprio indivíduo. Existem três tipos de *signos*:

i. *Indicadores* – apresentam a relação de causa e efeito com aquilo que significam. Exemplo: fumaça indica fogo, porque é causada por fogo;

ii. *Icônicos* – são imagens ou desenhos daquilo que significam. Exemplo: análogos mecânicos do fenômeno, representação de um gás por um conjunto de bolinhas pequenas contidas num recipiente do êmbolo; diagramas da situação em estudo; esboços do comportamento de uma função;

iii. *Simbólicos* – são os que têm uma relação abstrata com o que significam. Exemplo: representação das grandezas físicas: s = posição, Δs = deslocamento, t = instante de tempo, Δt = intervalo de tempo; equações horárias do movimento, gráfico da posição em função do tempo.

Essas definições explicam como os processos psicológicos internos do aluno se desenvolvem a partir do que o professor apresenta em sala de aula, que devem ocorrer através de demonstrações ou explanações utilizando exemplos que relacionam o cotidiano com os conceitos científicos e suas representações simbólicas: equações e funções horárias. Dessa forma, espera-se que o aluno compreenda os conceitos por meio dos *signos* (linguagem) compartilhados pela comunidade científica.

2.1.2. A formação dos conceitos

Um conceito é uma abstração que contém os elementos essenciais que caracterizam um conjunto de objetos concretos ou abstratos, segundo Vygotsky:

... um conceito é algo mais do que a soma de certas ligações associativas formadas pela memória mais do que um simples hábito mental; é um complexo e genuíno ato de pensamento, que não pode ser ensinado pelo constante reprisar, pelo contrário, ele só pode ser realizado quando o próprio desenvolvimento mental da criança tiver atingido o nível necessário. (VYGOTSKY, 1987)

Para Vygotsky (1987), em qualquer idade, o conceito contido numa palavra representa um ato de generalização. Quando a criança aprende uma nova palavra, significa que o seu desenvolvimento cognitivo está evoluindo, ou seja, inicialmente a palavra antiga era uma generalização mais primitiva e à medida que o intelecto da criança se desenvolve, é substituída por generalizações cada vez mais elaboradas.

Vygotsky (1987) complementa sobre a forma como os conceitos são ensinados, afirmando que estes não podem ser transmitidos diretamente para o aluno, processo que deve ser feito de forma gradual. Assim descreve:

A experiência prática mostra também que é impossível e estéril ensinar os conceitos de uma forma direta. Um professor que tenta fazer isto, habitualmente, não consegue da criança mais do que um verbalismo vazio, um psitacismo¹⁵, que simula um conhecimento dos conceitos correspondentes, mas que na realidade só encobre um vácuo. (VYGOTSKY, 1987)

O desenvolvimento dos conceitos e dos significados das palavras pressupõe a necessidade de muitas funções intelectuais: atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar. Estes processos psicológicos complexos não podem ser ignorados de forma a se acreditar que apenas uma apresentação inicial é suficiente para o aluno aprender um novo conceito.

Para Vygotsky existem dois tipos de conceitos que são importantes: *conceitos espontâneos* e *conceitos científicos* e é necessário fazer a distinção entre os dois. Os *conceitos espontâneos* são aqueles conceitos formados a partir da interação do sujeito com o mundo físico no dia a dia, enquanto que os *conceitos científicos* são desenvolvidos no ambiente formal de ensino, que é a escola.

Rosa (2008) explica que os conceitos descritos no parágrafo anterior possuem uma origem distinta: os *conceitos espontâneos* são formados na convivência diária dos

¹⁵ Psitacismo é um substantivo masculino e uma palavra de origem grega (psitaco+ismo) que retrata o "efeito papagaio", ou seja, representa o processo de repetição puramente mecânica de palavras ou frases, destituídas de uma idéia ou compreensão lógica que exprima um significado por parte de quem as produz.

indivíduos com outras pessoas ou grupos sociais – família, escola, trabalho – e usados pelo sujeito no nível concreto e posteriormente generalizados. Os *conceitos científicos* surgem como generalizações da realidade (nível abstrato) através de suas definições apresentadas na escola. Com origens diferentes, o desenvolvimento dos dois tipos de conceitos também se dá de forma diversa, enquanto os *conceitos espontâneos* têm um desenvolvimento vertical em direção a um nível abstrato (para cima) os *conceitos científicos* têm um desenvolvimento em direção à base (para baixo) nas instâncias concretas do conceito. A figura 1 mostra, esquematicamente, o desenvolvimento dos conceitos.

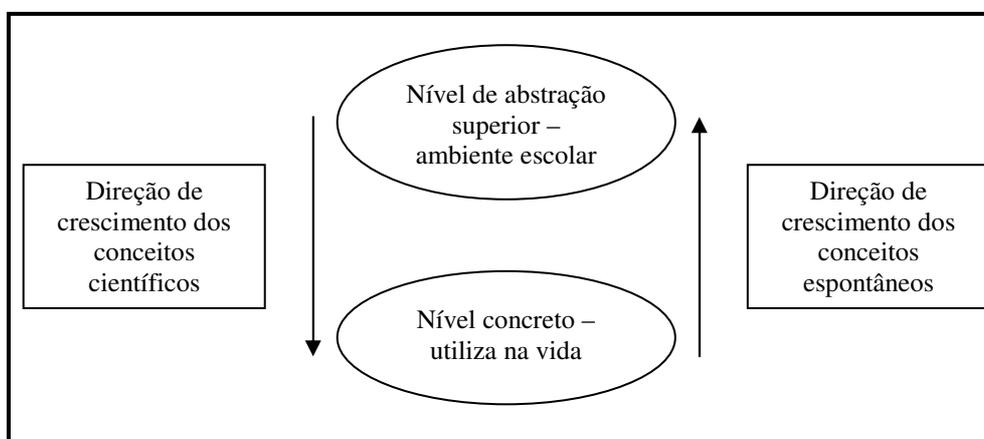


Figura 1: Esquema que representa a consolidação dos conceitos científicos e espontâneos na teoria de Vygotsky.

O processo de consolidação necessita da mediação de outros conceitos, ou seja, o *conceito científico* precisa de um *conceito espontâneo* correspondente que tenha atingido um nível de generalização e de sistematização. Assim, o *conceito científico* exige a existência de um sistema de generalização enquanto que o *conceito espontâneo* não. Como exemplo, numa explicação sobre a definição de velocidade um aluno afirma para o professor que a velocidade é uma medida direta fornecida pelo velocímetro do carro (*conceito espontâneo*). O professor corrige afirmando que o velocímetro é um instrumento de medida devidamente calibrado e por isso está preparado para fornecer o valor da velocidade do carro naquele instante, porém a velocidade é uma relação entre a distância percorrida e o intervalo de tempo que levou para percorrer essa distância (*conceito científico*), ou seja, se o velocímetro mostra 80 km/h, significa que o carro percorrerá uma distância de 80 km caso permaneça com velocidade constante durante uma hora.

As experiências de Ach¹⁶ *apud* Vygotsky (1987) demonstraram que a gênese dos conceitos é um processo criativo e não mecânico e passivo, que um conceito surge e toma forma através de uma operação complexa orientada para a solução do problema e que a presença das condições externas que favorecem uma relação mecânica entre a palavra e o objeto não basta para construir o conceito.

Segundo o método de Ach:

... A gênese dos conceitos não segue o modelo de uma cadeia associativa em que um elo solicita o segundo; é um processo orientado para um objetivo, uma série de operações que servem como passos intermediários em direção a um objetivo final. A memorização das palavras e a sua relação com determinados objetos, por si só, não conduz à formação do conceito; para que o processo comece terá de surgir um problema que não possa ser resolvido de outra forma, a não ser pela formação de novos conceitos. (VYGOTSKY, 1987)

Dessa forma compreende-se que o aluno precisa de tempo para que ocorram as associações necessárias para a apreensão de novos conceitos. Assim, conclui Vygotsky:

*... estou convencido de que é **impossível transmitir deliberadamente novos conceitos ao aluno**¹⁷ ... tão impossível e fútil como ensinar uma criança a andar apenas pelas leis do equilíbrio ... (VYGOTSKY, 1987)*

2.1.3. Zona de Desenvolvimento Proximal e Zona de Desenvolvimento Real

Na época em que Vygotsky (1987) realizava seus estudos, existia uma linha de pesquisa relativa à aprendizagem escolar que queria determinar o nível de desenvolvimento cognitivo ou idade mental da criança através da resolução de problemas padronizados. Acreditava-se assim, que a capacidade intelectual da criança era medida pela quantidade de problemas que ela fosse capaz de resolver sozinha. Essa metodologia indicava qual o nível de desenvolvimento cognitivo da criança: *Zona de Desenvolvimento Real (ZDR)* e esta é bem reduzida em relação a sua capacidade total, ou seja, existe uma diferença entre a idade mental de uma criança e o nível que ela atinge quando resolve um problema com auxílio de uma outra mais experiente. Essa diferença foi chamada por Vygotsky de *Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)*.

Vygotsky (1987) descreve uma experiência na qual se desejava descobrir a *Zona de Desenvolvimento Proximal* de um aluno. A experiência foi realizada da seguinte forma: após ter determinado a idade mental de duas crianças como de oito

¹⁶ Narziss Ach (1871-1946) foi um psicólogo alemão reconhecido por trabalhos sobre processos mentais, dentre eles formação de conceitos. O método criado por Ach utilizava palavras sem sentido e que a princípio não possuíam significado para a criança, posteriormente introduzia conceitos artificiais relacionando cada palavra sem sentido com uma combinação particular dos atributos dos objetos para o qual não existia nenhum conceito nem palavra.

¹⁷ Grifo do autor.

anos, a cada uma delas recebeu problemas mais difíceis do que os que resolveriam sozinhas. Durante a realização da tarefa, as crianças receberam ajuda do professor. Verificou-se que uma delas resolvia problemas para crianças de doze anos, enquanto a outra não avançava além dos problemas para crianças de nove anos. Concluiu-se que a *Zona de Desenvolvimento Proximal* da primeira criança era de quatro anos e da segunda, de dois anos.

A experiência mostrou que o aluno com a ZDP mais extensa terá melhor aproveitamento na escola, porque essa medida indica o que o aluno realiza com ajuda de uma pessoa mais experiente e essa informação é mais útil que a idade mental. Sabe-se que, *com auxílio externo, que pode ser do professor ou de um outro aluno mais experiente, o aluno pode fazer mais do que faria sozinho* (VYGOTSKY, 1987) – respeitando os limites impostos pelo seu grau de desenvolvimento físico e mental.

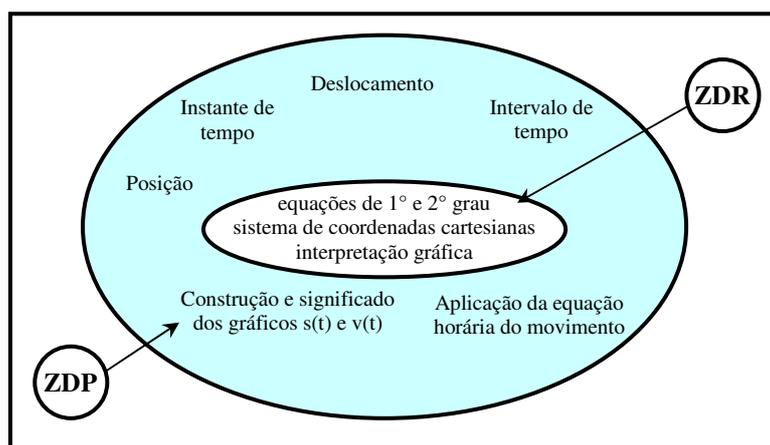


Figura 2: Esquema exemplificando aprendizagem de conceitos na teoria de Vygotsky: ZDR (conceitos aprendidos) e a ZDP (tarefas que executa com auxílio).

Segundo Vygotsky (1987), qualquer pessoa pode imitar praticamente tudo o que quiser, desde que lhe mostrem como. A imitação desempenha um papel importante no processo ensino-aprendizagem, pois utiliza o potencial do cérebro que orienta o aluno a atingir novos níveis de desenvolvimento cognitivo. Para imitar é preciso dominar os meios necessários para avançar a partir do que se conhece, para chegar a algo desconhecido, por isso essa função é indispensável para se aprender a falar, assim como para aprender as matérias escolares. O aprendiz fará amanhã sozinho aquilo que hoje é capaz de fazer em cooperação. Por conseguinte, o tipo correto de pedagogia, apontado por Vygotsky (1987) é aquele em que o aluno progride em relação a quem o

auxilia, para isso utiliza não as funções maduras (ZDR), mas as funções em vias de maturação (ZDP).

2.2. Taxonomia de Bloom

A partir de 1948, um grupo de educadores assumiu a tarefa de pensar sobre os objetivos educacionais em três domínios: cognitivo (o que saber), afetivo (quais atitudes) e psicomotor (como fazer). Buscava-se definir, em declarações escritas, o que o professor quer que o aluno aprenda. Para isso era necessário que os objetivos educacionais fossem organizados hierarquicamente do menos ao mais complexo.

Benjamin Bloom (1956) escreveu a *Taxonomia dos Objetivos Educacionais*, sobre os domínios cognitivo e afetivo, sendo que o objetivo psicomotor nunca foi publicado. Desde então, a classificação dos domínios cognitivos, dividida em seis níveis do raciocínio, foi amplamente adotada em inúmeros contextos, tais como: matrizes de avaliação, construção de provas e desenvolvimento de atividades práticas. A lista de processos cognitivos é organizada hierarquicamente, a partir do nível mais simples que é o *conhecimento* até o mais complexo, a *avaliação*. Cada capacitação mais alta, abrange todas as capacitações anteriores; a *compreensão* requer *conhecimento*; a *aplicação* requer *compreensão* e *conhecimento*; e assim sucessivamente.

O professor que utiliza a Taxonomia de Bloom para definir seus objetivos educacionais, organiza melhor seu ensino. Isaacs (1996) reuniu e organizou os objetivos educacionais de Bloom apresentados nas tabelas a seguir: A Tabela 1 apresenta os objetivos educacionais para o domínio cognitivo e a Tabela 2 para o domínio afetivo.

Tabela 1: Taxonomia de objetivos educacionais de Bloom – Domínio cognitivo.

Objetivos	Definição	Palavras-chave
Conhecimento	Lembrar a informação.	Identificar, descrever, nomear, rotular, reconhecer, reproduzir, seguir.
Compreensão	Entender o significado, parafrasear um conceito.	Resumir, converter, defender, parafrasear, interpretar, dar exemplos.
Aplicação	Usar a informação ou o conceito em uma nova situação.	Criar, fazer, construir, modelar, prever, preparar.
Análise	Dividir a informação ou o conceito em partes visando um entendimento mais completo.	Comparar/contrastar, dividir, distinguir, selecionar, separar.
Síntese	Reunir ideias para formar algo novo.	Categorizar, generalizar, reconstruir.
Avaliação	Fazer julgamentos de valor.	Avaliar, criticar, julgar, justificar, argumentar, respaldar.

Tabela 2: Taxonomia de objetivos educacionais de Bloom – Domínio afetivo.

Objetivos	Definição	Palavras-chave
Recepção	Predisposição para perceber um fenômeno particular.	Observar, conscientizar, perceber, assistir, ouvir, discriminar, cooperar, contribuir.
Responder	Criar respostas para o professor, por respeito e pela satisfação de poder fazê-lo.	Cumprir, aceitar, dedicar, considerar, participar, estender, explorar.
Valorização	Atribuir valor às coisas.	Crescer, participar, assumir, permitir, examinar.
Organização	Organizar por critérios já escolhidos e poder determinar relações, identificar comportamentos nos sistemas de valores.	Julgar, regular.
Caracterização	Generalizar certos valores para analisar tendências, reconhecer coerência interna, depois integrar tudo numa classificação maior.	Mudar, abordar, analisar, julgar.

Escolheu-se a Taxonomia de Bloom como referência por se tratar de uma ferramenta útil na organização dos objetivos educacionais das atividades experimentais apresentadas nesse trabalho. Os objetivos definidos em cada atividade seguem uma hierarquia de complexidade, a partir do mais simples ao mais complexo.

Apesar de não serem usadas neste trabalho, é importante informar que a Taxonomia de Bloom recebeu complementações de Anderson¹⁸ e de Marzano¹⁹, que estão resumidas a seguir.

Anderson, antigo aluno de Bloom, e seus colegas consideraram uma gama maior de fatores que afetam tanto o ensino quanto a aprendizagem. O principal componente da nova versão é a *criação*, que não faz parte da primeira taxonomia. Essa revisão diferencia “saber o quê” (o conteúdo do raciocínio) de “saber como” (os procedimentos para resolver problemas). O “saber o quê” é a dimensão do conhecimento e ela se divide em quatro categorias: *factual*, *conceitual*, *procedimental* e *metacognitiva*. Marzano preenche lacunas observadas na Taxonomia de Bloom que afetam o modo como os alunos raciocinam. A Nova Taxonomia de Marzano é composta por: *Domínio do Conhecimento*, região onde os conteúdos específicos pertencem e por três sistemas: *Interno*, *Metacognitivo* e *Cognitivo*. Esta classificação, que abre possibilidades para o professor estruturar melhor seu ensino poderá complementar as estratégias em sala de aula quando o professor desejar entender como o aluno aprende.

¹⁸

Lorin Anderson é um professor emérito e pesquisador da Universidade da Carolina do Sul. Publicou trabalhos nas áreas de didática e aprendizagem escolar, currículo e estratégia de ensino para crianças e jovens pobres, estrutura e horário escolar e avaliação. Ele é o editor-chefe e colaborador do livro *Taxonomia para Aprendizagem, Ensino e Avaliação: Uma Revisão da Taxonomia de Bloom dos Objetivos Educacionais*, publicado em 2001.

Robert J. Marzano, é PhD e co-fundador do Laboratório de Pesquisa Marzano em Englewood, Colorado. Um dos principais pesquisadores em educação, professor e autor de mais de 30 livros e 150 artigos sobre temas como ensino, avaliação, aplicação de normas, cognição, liderança e administração escolar. Seus livros incluem o desenvolvimento de objetivos educacionais, avaliação formativa baseada em padrões de classificação, na melhoria do ensino, liderança corporativa e arte e ciência no ensino. Sua tradução para prática das mais recentes pesquisas e teorias em estratégias ensino em sala de aula são internacionalmente conhecidos e amplamente praticada tanto por professores como administradores.

CAPÍTULO 3. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

Sendo a Física uma ciência experimental, que precisa de observações qualitativas e medidas quantitativas de fenômenos físicos, as atividades experimentais devem sempre ser parte da prática docente de todo professor.

... ensino de Física que enfatize a compreensão qualitativa de conceitos e não a memorização de fórmulas e que esteja baseado na discussão de fatos cotidianos e demonstrações práticas feitas em aula. (SEE/RJ, 2006)

O uso de experimentos no ensino de física é fundamental pois proporciona ao aluno situações vivenciais que são importantes para a compreensão dos conceitos físicos. Segundo as orientações apresentadas pelas políticas públicas para Educação Básica, comentadas no Capítulo 1, ao terminar o Ensino Médio, o aluno deverá:

... reconhecer que a definição de uma grandeza física não é arbitrária, mas tem raízes em experiências e idéias prévias e é justificada por sua utilidade; saber ler e interpretar expressões matemáticas, gráficos e tabelas; reconhecer que teorias científicas devem ser consistentes com evidências experimentais e devem levar a previsões que possam ser testadas e estar abertas a questionamento e modificações; ser capaz de comunicar de forma precisa e eficiente o resultado de suas atividades relacionadas a Física. (SEE/RJ, 2006)

A atividade prática é desenvolvida na escola geralmente como uma aula independente, cujos conteúdos não são, necessariamente, concomitantes ao ensinado em sala de aula. Hofstein & Lunetta (2004) falam da necessidade de criar oportunidades para que o ensino experimental e o ensino teórico se efetuem em concordância.

Neste capítulo são apresentadas as características da atividade experimental segundo estratégias didáticas e objetivos educacionais específicos.

3.1. A diferença entre laboratório didático e laboratório científico

A investigação científica tem uma maneira própria de lidar com a Física, que se expressa na busca de regularidades, na conceituação e quantificação das grandezas, na investigação e na síntese dos fenômenos. A forma como uma investigação científica é conduzida, traduz-se em competências e habilidades necessárias ao desenvolvimento da atividade experimental no laboratório científico. A figura 3 mostra um ciclo com três etapas que representa, simplificadamente, como a atividade experimental se desenvolve frequentemente em sala de aula: fundamentos baseados numa teoria ou modelo já

existente, estabelecimento de previsões a partir desta teoria e as observações e medidas confrontadas com as previsões.

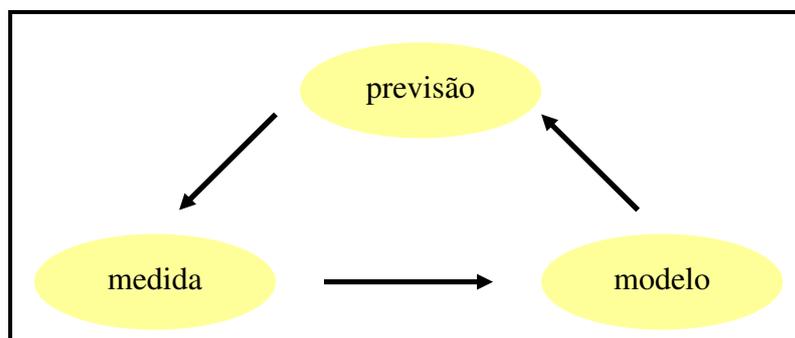


Figura 3: Ciclo de desenvolvimento das teorias físicas. (AGUIAR, 2006)

O cientista realiza um experimento porque deseja resolver um problema ou questão que é de seu interesse e, conseqüentemente, precisa de muito estudo, reflexão, planejamento e preparação para realizá-lo e alcançar seus objetivos. Conseqüentemente, uma investigação científica utiliza dados coletados através de procedimentos específicos que precisam ser interpretados adequadamente e assim tornarem-se valores confiáveis que podem confirmar uma teoria científica.

Há um paradigma presente nos meios de comunicação e inculcido nos professores, que a investigação científica é um conjunto hierárquico de processos lógicos e que os dados obtidos dessa forma podem fornecer informações diretas do fenômeno estudado.

Segundo Borges (2002), essa cultura permeia as atividades práticas realizadas nas escolas, entretanto isso não significa que exista um método para determinar exatamente como fazer para produzir conhecimento. Por este motivo, é importante para o aluno, que não é um cientista, compreender que o cientista utiliza procedimentos específicos para investigar teorias. Para Nedelsky (1965), o objetivo do laboratório didático é proporcionar ao aluno a oportunidade de testar suas próprias soluções, planejar suas ações, executá-las e assim, poder aprender física. Deve ficar claro que a atividade prática escolar tem objetivos diferentes da investigação científica realizada no laboratório profissional e que, portanto, o aluno não realiza a atividade investigativa do cientista.

3.2. Características das atividades experimentais

Existem muitas formas de realização da atividade experimental no ensino da física, que vão desde uma situação que tem como objetivo a mera verificação de uma lei ou teoria, até uma situação que privilegia a reflexão do aluno sobre suas ideias a respeito de um fenômeno ou conceito físico levando ele a aprender.

Segundo Nedelsky (1965), para ocorrer aprendizagem é necessário esforço intelectual (*hard thinking*) do aluno e material didático bem elaborado, escolhido pelo professor. O principal objetivo do laboratório didático é dar ao aluno a oportunidade de interagir com situações concretas (fenômenos), ou seja, explorar as principais características da relação entre a representação da ciência aceita e a realidade, pois acredita-se que o processo ensino-aprendizagem é facilitado quando o aluno observa o comportamento do fenômeno físico.

A atividade experimental pode ser classificada segundo suas estratégias de apresentação que vão desde o *laboratório estruturado* até o *laboratório não estruturado ou aberto*. O *laboratório estruturado* é aquele em que o professor fornece para o aluno um roteiro com instruções detalhadas que o guiam para um resultado específico, nessa situação o aluno não tem oportunidade de fazer modificações no procedimento. O *laboratório aberto* especifica o objetivo da atividade e deixa o desenvolvimento da tarefa a cargo do aluno. Essa estratégia exige do aluno um tempo maior de estudo, uma vez que as etapas de execução, análise e conclusão demandam envolvimento e a eficiência dessa abordagem depende do engajamento do aluno no processo ensino-aprendizagem bem como do preparo do professor, que assume o papel de orientador. Na prática, quando são realizadas as atividades, estas desenvolvem-se num meio termo, sendo mais eficiente manter um mínimo de instruções que dão independência ao aluno no desenvolvimento das tarefas. Já a própria interpretação das instruções, pode ser considerada como elemento de participação ativa do aluno, pois este pode tomar decisões e solicitar ajuda do professor, quando necessário.

A seguir são apresentados os objetivos educacionais utilizados mais frequentemente pelos professores quando desenvolvem atividades experimentais e exemplos de aulas práticas. Os objetivos educacionais aqui descritos se baseiam num trabalho realizado por Araújo & Abib (2003) que fizeram um levantamento de artigos

sobre atividades experimentais, nas Atas de Simpósios e Encontros de Ensino de Física realizados no Brasil.

Observar o fenômeno físico em sala de aula

Essas atividades apresentam o fenômeno físico numa situação típica do cotidiano. Acredita-se que ao utilizar um exemplo do cotidiano, o conceito torna-se menos abstrato. Por exemplo, numa demonstração sobre como a resistência do ar e a massa influenciam o movimento de queda dos corpos, o professor poderá utilizar duas folhas de papel idênticas e soltá-las da mesma altura. O aluno observa que as duas folhas demoram o mesmo tempo para chegar ao chão. Em seguida o professor amassa uma das folhas e novamente solta as duas folhas da mesma altura. O aluno observa o que acontece nesta situação e o professor pode, através de perguntas, levar os alunos a reconhecer o que se manteve e o que mudou para compreender com se dá o movimento da bola de papel.

Este tipo de atividade demanda pouco tempo para a realização e é facilmente integrada a uma aula com ênfase expositiva. São utilizadas como um fechamento ou como ponto de partida de um tópico, para despertar o interesse do aluno sobre o tema abordado. Araújo e Abid (2003) sugerem que a atividade seja conduzida de modo a permitir o questionamento por parte do aluno e incentivá-lo a explicar o fenômeno. Isso possibilita a elaboração de novas ideias e o desenvolvimento da capacidade de abstração. Apesar da dinâmica ser feita pelo professor, o aluno deverá refazer a demonstração para testar suas ideias.

Verificar leis e teorias físicas no laboratório didático

Nessas atividades o aluno testa a validade e os limites de uma lei ou teoria física, pois geralmente numa aula expositiva os conceitos físicos são tratados em condições ideais e descritos através de símbolos e definições dos conceitos. A importância da atividade está em proporcionar ao aluno elementos para observar, coletar, organizar e processar dados; identificar regularidades; interpretar, prever e analisar o comportamento das grandezas físicas do fenômeno em estudo. Acredita-se que essa estratégia torne o ensino mais objetivo, por conseguinte poderá desenvolver a capacidade de efetuar generalizações e compreender os limites da lei física.

Como exemplo, tem-se uma atividade para verificar a segunda lei de Newton, na qual o aluno primeiramente determina a massa do carrinho em que será aplicada uma força conhecida. Com esses dados, o aluno prevê qual será a aceleração resultante no carrinho. Em seguida o aluno monta um dispositivo no qual o carrinho se movimenta sobre uma mesa horizontal submetido à ação da força previamente conhecida. O movimento é registrado numa fotografia estroboscópica e o aluno mede as distâncias sucessivas a intervalos de tempo constante e analisa os dados.

Utilizar um procedimento de “investigação” no laboratório didático

Ao realizar uma investigação no laboratório didático, o aluno utiliza procedimentos específicos para coletar dados do sistema físico. Esses procedimentos pode ser composto por uma sequência de etapas bem definidas, as quais informam sobre os cuidados na coleta e registro dos dados, tais como: a preparação da experiência (verificar o nivelamento, a iluminação, a ventilação, etc.), a unidade de medida utilizada, algarismo significativo, a utilização correta do instrumento de medida e o tratamento de erros. Ao fazer os registros, o aluno precisa organizá-los adequadamente através de tabelas e gráficos, para em seguida interpretá-los. É importante neste tipo de atividade, fazer uma pergunta bem formulada para que o aluno possa estabelecer um método de trabalho. A literatura denomina esse tipo de atividade de “investigação”, o que é um exagero, pois o aluno precisará de muito auxílio para conseguir levar a atividade a bom termo.

Desenvolver habilidades práticas e técnicas de laboratório

Busca-se desenvolver habilidades cognitivas relacionadas com os processos básicos de investigação científica, tais como: fazer observações, classificar, prever e formular hipóteses; capacitar o aluno na utilização de equipamentos e instrumentos tecnológicos específicos para que ele aprenda a medir grandezas físicas e a realizar pequenas montagens experimentais; ensinar as técnicas de investigação que aumentam a confiabilidade dos dados obtidos; e ensinar a apresentar e obter informações de diferentes formas, através de diagramas, gráficos e tabelas.

Numa atividade sobre circuitos elétricos, o aluno deve saber ler as medidas das grandezas com um multímetro; para medir a corrente elétrica que circula no circuito

deverá compreender o conceito de corrente que se estabelece no circuito e saber como inserir o multímetro para fazer a medida.

3.3. A utilização de novas tecnologias nas atividades experimentais

Atualmente o desenvolvimento de novas tecnologias ocorre com alta velocidade, com isso ela está disponível para os professores e os alunos e ao se pensar nela é praticamente inevitável não associá-la aos recursos modernos que poderiam ser utilizados para desenvolver as atividades práticas, principalmente as tecnologias referentes à produção e uso de vídeos educativos, softwares educativos, ambientes virtuais, jogos educativos e internet²⁰.

Segundo Aguiar (2006), o uso do computador é um motivador nas atividades práticas. Contudo, apenas o uso dele não resolve o problema da aprendizagem em física. O manuseio dos equipamentos para coleta de dados frequentemente passam a ser vistos, por professores e alunos, como a etapa mais importante da atividade e com isso sobra pouco tempo para refletir e discutir sobre os significados e implicações das observações sobre os resultados encontrados.

O uso racional de novas tecnologias, tais como: software e planilhas eletrônicas, conexões de periféricos e instrumentos para coleta de dados, diminuiram o tempo destinado a trabalhar conhecimentos específicos. É importante que o professor domine esses recursos antes de utilizá-los com seus alunos e verificar se o aluno sabe trabalhar de forma analógica.

A maioria desses recursos está associada à utilização do computador em sala de aula. A política pública para melhoria da educação brasileira prevê o uso do computador como facilitador da aprendizagem, por isso são apresentadas algumas aplicações dessa ferramenta no processo ensino-aprendizagem.

O computador é uma ferramenta que pode ser usada para exibir animações, construir gráficos, fazer o tratamento estatístico de dados, coletar informações através de interfaces apropriadas e exibir dados experimentais em tempo real. Tudo isso é feito de forma rápida e pode ser repetido várias vezes. Aguiar (2006) descreve

²⁰ Existe uma relação de aplicativos disponíveis na internet. (Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>. Acessado em: dez. 2010)

resumidamente as principais utilizações do computador como ferramenta no ensino de física, listadas a seguir:

Instrução assistida por computador

O computador é programado para apresentar o conteúdo ao aluno, de modo a fazer uma pergunta e verificar se a resposta está certa, como uma espécie de livro eletrônico, atualmente chamado de *hipertexto*. Há também a possibilidade de apresentar filmes e animações gráficas, nesse caso são chamados de *hipermídia*.

Programas de simulação

Os programas simulam o comportamento de sistemas físicos a partir de modelos pré-determinados. Assim, os conceitos pouco intuitivos e de difícil visualização tornam-se mais acessíveis aos estudantes através da utilização do programa, pois eles controlam as grandezas físicas e as condições iniciais dos sistemas físicos. Nesse trabalho é utilizada a simulação criada pelo Phet²¹ para complementar o estudo da Cinemática. Os roteiros estão disponíveis no Caderno para o Professor (Apêndice 2).

Ferramenta de modelagem

Nessa abordagem o aluno usa o computador para criar e explorar modelos de sistemas físicos através de uma linguagem de programação. O aluno pode participar ativamente da definição e desenvolvimento do modelo e é capaz de modificá-lo se julgar apropriado. Dessa forma, ao construir os modelos, o aluno pode explorá-los de uma forma mais ampla. Exemplo: *Modellus, Logo*.

Instrumento para coleta de dados

Atualmente existem vários tipos de interfaces e sensores que podem ser conectados diretamente ao computador para medir grandezas físicas, tais como: temperatura, velocidade, posição, aceleração, força, pressão, intensidade luminosa, condutividade térmica, umidade relativa do ar. Os *softwares* de controle desses sensores frequentemente apresentam vários recursos tecnológicos, tais como: exibição

²¹ O PhET é um grupo de profissionais da Universidade do Colorado que oferecem gratuitamente simulações de fenômenos físicos divertidas, interativas e baseadas em pesquisa. Todas as simulações PhET estão disponíveis gratuitamente no Portal PhET <http://phet.colorado.edu/pt_BR/> e são fáceis de usar e incorporar na sala de aula. Elas são escritas em Java e Flash e podem ser executadas usando um navegador web qualquer, desde que Flash e Java estejam instalados.

automática de diferentes formas de gráficos, controle de interface via *software*, ajuste de escalas, tabelas, recursos de ajuste de curvas de um conjunto de pontos. O uso desses recursos permite que o aluno reduza o tempo de coleta e apresentação dos dados e possa desenvolver as outras partes do processo, como o planejamento da atividade, a seleção do que medir, interpretação e avaliação dos resultados.

Comentários

Neste trabalho o computador será utilizado pelo professor se ele quiser produzir fotografias estroboscópicas digitais. Para isso é necessário o uso de *software* específicos, descritos no Caderno para o Professor (Apêndice 2).

CAPÍTULO 4. ENSINO DA CINEMÁTICA NA ESCOLA MÉDIA

A cinemática atualmente trabalhada no ensino médio tem como objetivo compreender os modelos e representações matemáticas que descrevem o movimento de objetos com baixa velocidade e de dimensões macroscópicas, presentes no cotidiano das pessoas. A maioria das escolas públicas de ensino médio trata apenas esse tipo de movimento. Um dos empecilhos para se trabalhar a cinemática está na dificuldade de visualização detalhada do fenômeno por parte dos alunos e o reconhecimento das grandezas físicas. Como consequência o ensino fica limitado a equações matemáticas e suas representações simbólicas que para o aluno frequentemente não têm correlação com o fenômeno estudado.

Nas seções a seguir são discutidas estratégias para melhorar o ensino conceitual das grandezas físicas básicas da cinemática e suas representações simbólicas na sala de aula a fim de aumentar a eficiência do processo ensino-aprendizagem.

4.1. A compreensão dos conceitos físicos

O maior desafio para o professor é identificar a dificuldade de integrar os conceitos de forma a facilitar a aprendizagem dos alunos. Verificou-se através de um levantamento feito com um grupo de professores que trabalham em escolas públicas do Rio de Janeiro que são necessárias em média oito semanas de quatro aulas cada para desenvolver o conteúdo da cinemática. Apesar disso os alunos apresentam dificuldades na aplicação dos conceitos, assim como também é preciso que o professor relembre os conceitos básicos (velocidade, aceleração, etc.) quando precisa aplicá-los e em outros conteúdos da física.

A metodologia empregada com mais frequência pelo professor de física do ensino médio é priorizar a manipulação das expressões matemáticas através da resolução de problemas quantitativos tradicionais, isso é verificado nos livros de física que têm o formato de volume único, como por exemplo: Gaspar (2007) e Sampaio & Calçada (2003). Muitos alunos resolvem satisfatoriamente os problemas apresentados, mas como afirma McDermott (1993), *frequentemente tal desempenho depende de memorizar equações matemáticas e não funcionam quando é necessária uma fundamentação para aplicar os conceitos em situações não encontradas anteriormente.*

Uma alternativa é usar o formalismo algébrico somente depois da compreensão qualitativa. McDermott (1993) informa que essa abordagem revelou-se eficaz, pois é necessário menos tempo para a resolução de problemas numéricos e a avaliação dos resultados indica que os estudantes aprendem melhor dessa forma.

4.2. Interpretação das equações e símbolos

O estudo da cinemática requer fazer observações do movimento e assim verificar como a posição (s) ocupada pelo corpo se relaciona com o instante de tempo (t). A dificuldade de fazer medidas frequentemente faz com que o ensino seja baseado na utilização de procedimentos matemáticos.

O desenvolvimento dos conteúdos da cinemática apresentado nos livros didáticos – inclusive alguns selecionados pelo PNLEM²² são conceitualmente corretos, todavia incompletos nas justificativas para utilização dos símbolos e expressões matemáticas.

A maioria dos livros didáticos (selecionados pelo PNLEM) apresenta os conceitos físicos e as equações horárias do movimento (Tabela 3) no início da modelagem cinemática, como consequência da relação entre as grandezas posição, instante de tempo, velocidade e aceleração. Segundo Arons (1997), essa forma de abordagem não elimina a complexidade da física, apenas aumenta no aluno o sentimento de que as equações são apenas cálculos matemáticos complicados.

Tabela 3: Equações horárias do movimento.

	Movimento retilíneo uniforme	Movimento retilíneo uniformemente variado
Equação horária da posição	$s(t) = s_0 + vt$	$s(t) = s_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$
Equação horária da velocidade	$v(t) = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \text{constante}$	$v(t) = v_0 + at$
Equação horária da aceleração	$a(t) = \text{cte} = 0$	$a(t) = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \text{constante}$

A equação horária é um recurso matemático que descreve a evolução do movimento estudado a partir das condições iniciais dadas pelas grandezas físicas: posição, instante de tempo, velocidade e aceleração e sua compreensão depende do

²² Sampaio & Calçada (2005), Penteadó & Torres (2005), Álvares & Luz (2005), Sampaio & Calçada (2003), Gaspar (2007) e Filho & Toscano (2008).

conhecimento prévio do aluno sobre gráficos e funções. Uma alternativa para a compreensão da equação horária da posição é desenvolvê-la a partir do gráfico velocidade em função do tempo, descrito adiante na seção 4.7.1.

É preciso também que o aluno compreenda o significado de cada símbolo representado nas equações e os diferencie, como por exemplo: o símbolo t (instante de tempo) que representa a leitura do tempo de um cronômetro que foi “disparado” a partir do início do movimento em estudo e o intervalo de tempo Δt que informa a duração de um evento. Um outro exemplo é a grandeza posição (s) que representa a localização do objeto no espaço a partir de uma escala pré-definida, que tem uma origem arbitrária por onde o corpo não necessariamente passou.

4.3. Conceitos de posição e instante de tempo

A maneira mais correta de levar o aluno a construir os conceitos básicos da cinemática é começar com a definição de posição e tempo (ARONS, 1997) e isso requer metodologias que contribuam para essa aprendizagem. Uma alternativa para o ensino da cinemática que está de acordo com a proposta feita por Arons (1997) é utilizar a fotografia estroboscópica, pois ela fornece posições sucessivas do corpo em movimento a intervalos de tempo constantes. Essa técnica requer o uso de câmera fotográfica para filme, uma fonte de luz estroboscópica e uma sala escurecida (DIAS *et al.*, 2009). A vantagem dessa estratégia de ensino é a simplicidade, pois com apenas uma imagem e uma régua graduada é possível coletar dados confiáveis de posição e tempo para construir e analisar gráficos, interpretar equações e definir grandezas físicas indiretas como velocidade e aceleração. Hoje existem recursos mais simples e baratos como a fotografia estroboscópica digital, cuja produção é descrita no Caderno para o Professor (Apêndice 2). Trata-se de uma técnica que utiliza o recurso de filmar de uma câmera digital de uso amador e não necessita de uma sala escurecida, as filmagens são feitas em um cenário externo iluminado com o sol.

O exemplo da figura 4 mostra uma fotografia estroboscópica tradicional do movimento de uma bola de *ping-pong*, o aluno pode analisar qualitativamente e/ou coletar dados (posição e instante de tempo) sobre o movimento da bola e fazer sua tradução para uma linguagem simbólica.

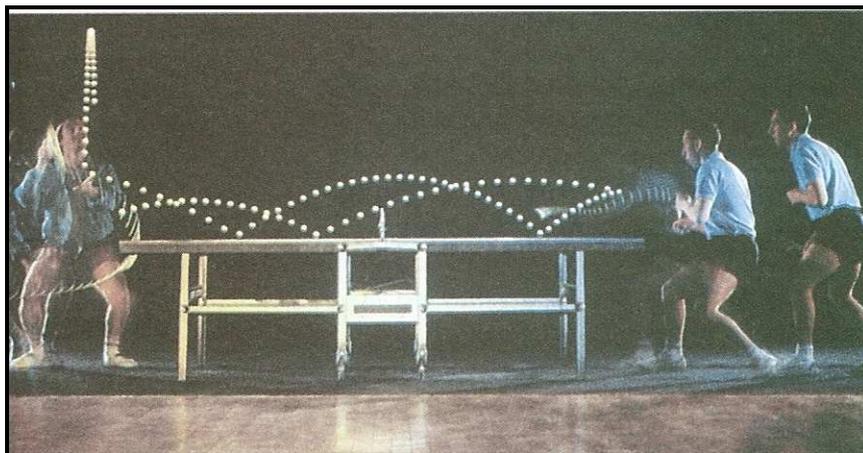


Figura 4: Fotografia estroboscópica do movimento de uma bolinha. (SAMPAIO & CALÇADA, 2005).

O conceito da grandeza posição surge para descrever o movimento, dessa forma pretende-se que o aluno aplique métodos para representar as mudanças na posição do objeto em estudo e assim relacione cada posição (s) a um instante de tempo (t). Essa abordagem leva à aprendizagem a partir de atividades práticas, realizadas dentro da sala de aula, de forma que o aluno tenha oportunidade de testar sua solução e compará-la com as soluções de outros colegas.

A figura 5 é um exemplo de aplicação do conceito de posição e instante de tempo: um automóvel move-se por uma estrada com placas indicadoras da posição do objeto (marcos quilométricos) e o motorista registra o instante de tempo (leitura de um relógio). Estas informações estão conectadas e essa combinação descreve o movimento do corpo.

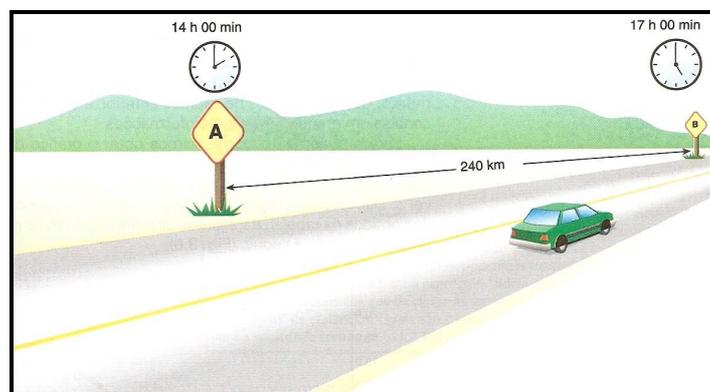


Figura 5: Ilustração que representa um automóvel passando por marcos quilométricos com as correspondentes leituras de tempo. (PENTEADO & TORRES, 2005).

Uma vez apresentados os conceitos de posição e de instante de tempo é conveniente criar símbolos que representem essas grandezas. Arons (1997) chama atenção para o fato de que se é usado o símbolo (s) para a posição e o símbolo (t) para a instante de tempo, deve-se evitar usar (s) como valor de deslocamento (Δs) e (t) como valor de intervalo de tempo (Δt), pois é mais sensato e mais eficaz incentivar a utilização dessas representações somente como posição (s) e instante de tempo (t), caso contrário a clareza na compreensão do significado dos símbolos fica comprometida.

4.4. Conceito de velocidade média

O conceito de velocidade é introduzido com o estudo do movimento uniforme, o que é naturalmente correto, mas Arons (1997) atenta para o fato de como o conceito é desenvolvido. A definição de velocidade média é apresentada frequentemente como uma generalização de um movimento qualquer e usa-se uma declaração do tipo:

... a velocidade média ao longo de um determinado intervalo de tempo é a mudança de posição (distância percorrida), dividido pelo intervalo de tempo durante o qual a mudança ocorreu. (ARONS, 1997)

Essa definição, segundo Arons (1997), está lógica e conceitualmente correta, porém iniciar o desenvolvimento dos conceitos com a frase *velocidade média é ...* deixa muitos estudantes com a impressão que o nome “velocidade” vem primeiro como algum tipo de conceito primitivo (como se a velocidade fosse independente da relação entre distância percorrida e o tempo que levou para percorrê-la) que o aluno deveria “saber” antes e que a relação $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ vem mais tarde. Uma abordagem eficaz é: *primeiro a idéia em seguida o nome*, assim o ensino é significativamente reforçado.

Para exemplificar a aplicação dessa abordagem, podemos construir primeiro uma relação a partir dos dados da posição e de instante de tempo, dados que podem ser obtidos através da fotografia estroboscópica digital. O aluno é solicitado a calcular qual resposta tem a informação de como o objeto se movimenta. Realiza-se a análise da relação $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ sem precisar dar nomes, mas interpretando o seu significado específico.

McDermott (1996) indica como estratégia de ensino a aplicação do conceito de taxa de variação em situações pertencentes ao cotidiano do aluno, por exemplo: a taxa de consumo de combustível de um automóvel é a distância percorrida dividida pela

quantidade de gasolina. Outros exemplos de taxas informam como determinadas quantidades se relacionam com o tempo. Assim, utilizando a definição de taxa de variação, pode-se desenvolver o conceito de velocidade como a taxa de mudança da posição em função do tempo.

É importante que o aluno aprenda a interpretar corretamente as relações entre o deslocamento (Δs) e o intervalo de tempo (Δt). Uma alternativa é apresentar o conceito de rapidez antes do conceito de velocidade. Segundo McDermott (1996), o aluno analisa o resultado do cálculo das relações $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ e $\frac{\Delta t}{\Delta s}$ para desenvolver o conceito de rapidez.

Então, com a resposta da primeira relação o estudante verifica que: quando ela é um número grande coincide com o objeto movendo-se rapidamente, se o resultado é um número pequeno o objeto se move lentamente. Após essas análises, o significado do conceito de rapidez está firmemente estabelecido.

Esta abordagem, explica Arons (1997), tanto expõe os alunos ao fato de que os conceitos científicos não são “descobertos” por um explorador – na verdade são abstrações criadas pela mente humana com o objetivo de modelar o fenômeno observado – como também auxilia na introdução do uso das equações matemáticas.

Sabe-se que no ensino no Brasil é infrequente a introdução do conceito de rapidez. É comumente usado o conceito de velocidade escalar, por isso é pertinente fazer a substituição do nome rapidez por velocidade escalar, mas somente quando o conceito for compreendido.

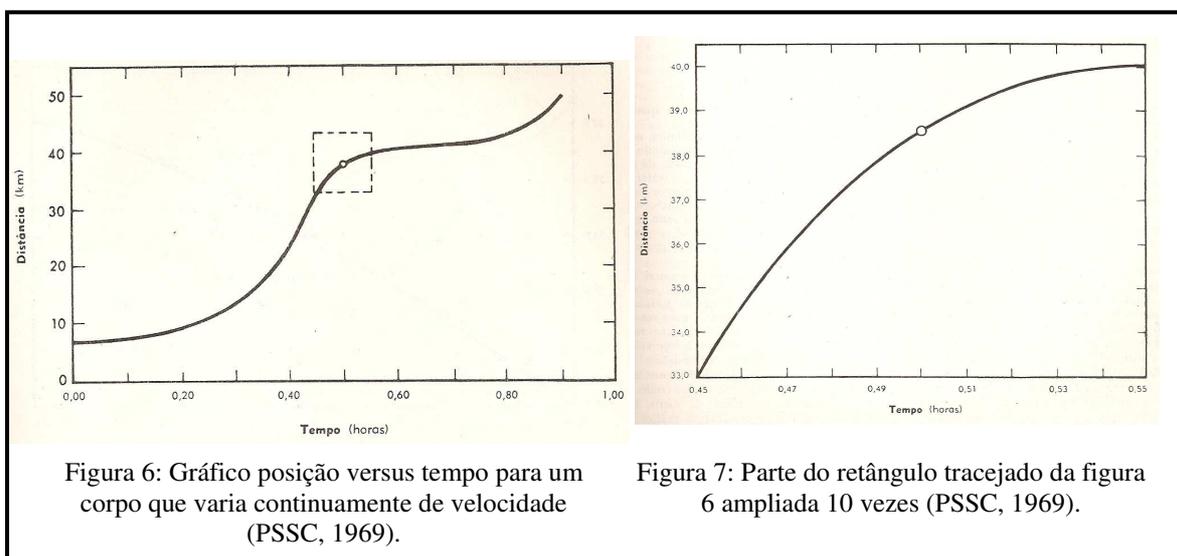
4.5. Conceito de velocidade instantânea

A partir do conceito de velocidade média pode-se chegar ao de velocidade instantânea, analisando-se o deslocamento efetuado em intervalos de tempo cada vez menores. Assim, ao menor intervalo de tempo possível, obtém-se a velocidade do corpo num certo instante de tempo (literalmente, entre dois instantes extremamente próximos). A velocidade instantânea é definida como a relação entre o limite do deslocamento, quando o intervalo de tempo em que ocorre tende a zero (GREF, 1999). Matematicamente defini-se como:

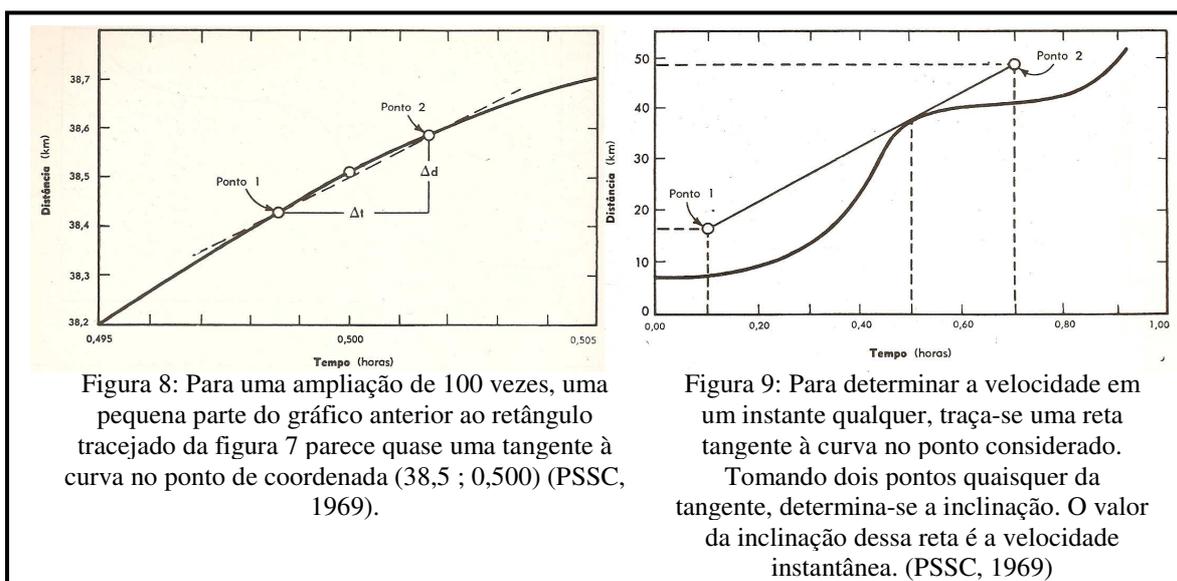
$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Essa matemática não é utilizada no ensino médio, por isso é conveniente trabalhar apenas com o conceito de velocidade média no desenvolvimento do conceito de aceleração. Com a análise de pequenos intervalos de tempo é possível verificar como a velocidade média varia.

Segue uma sequência de figuras que exemplificam a ideia como intervalos de tempo cada vez menores que faz o gráfico parecer mais linear. (PSSC²³, 1969).



²³ O PSSC (Comissão de Estudo das Ciências Físicas) foi criado no MIT em 1956 com o objetivo de elaborar, acompanhar e revisar as melhorias no ensino de física. Isso produziu novos livros de física, muitos filmes didáticos e materiais de ensino para o laboratório didático, que foram usados por escolas secundárias ao redor do mundo durante os anos 1960 e 1970.



4.6. Conceito de aceleração

Muitos alunos precisam de tempo para compreender a relação entre os conceitos de velocidade e aceleração. O tratamento dado na escola solicita o desenvolvimento numérico de aplicações diretas, porém a compreensão do conceito de aceleração não é garantida através dos “acertos” na resolução de problemas quantitativos. Segundo McDemott *et al.* (1993), os alunos que resolvem esses problemas são às vezes, incapazes de descrever o significado da aceleração.

Muitos autores de livros didáticos (SAMPAIO & CALÇADA, 2005; PENTEADO & TORRES, 2005; LUZ & ÁLVARES, 2008; GASPAS, 2007; FILHO & TOSCANO, 2008)²⁴ reconhecem a necessidade de definir a aceleração como uma mudança na velocidade instantânea entre dois instantes de tempo. Assim, a aceleração é definida como:

$$a = \frac{\text{variação da velocidade}}{\text{intervalo de tempo}} \rightarrow a \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_0}{t_f - t_0}$$

Uma alternativa para a compreensão do conceito de aceleração é trabalhar *primeiro a ideia, em seguida o nome*, tal como proposto para compreensão da velocidade média, (ARONS, 1997). A estratégia de ensino é primeiramente direcionada para perceber uma maneira de descrever o quão rápido ocorre a mudança da velocidade.

²⁴ Autores selecionados no PLNEM.

As propriedades e o comportamento da relação $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ são examinados primeiro e o nome *Aceleração*, introduzido depois que o significado e a utilidade dessa relação for compreendida. Os dados utilizados no cálculo da relação $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ são obtidos a partir do gráfico velocidade em função do tempo, porém é importante compreender o porque da substituição de velocidades instantâneas pelo valor médio das velocidades final e inicial nesse intervalo que está descrito no item 4.7.1. Arons (1997) recomenda evitar que o aluno memorize procedimentos matemáticos e expressões verbais apenas.

4.7. Representação gráfica do movimento

Dentre as habilidades que devem ser desenvolvidas no estudo da Física, saber traçar e interpretar gráficos é uma das mais importantes. Segundo Agrello (1999), os professores de física frequentemente constataam que seus alunos não sabem usar os gráficos para representar fenômenos físicos. Os alunos demonstram vários tipos de dificuldades quando trabalham com gráficos. McDermott *et al.* (1986) fizeram estudos sobre o tema, onde mostram que na cinemática os alunos entendem os conceitos básicos da construção de gráficos, mas têm dificuldade em analisá-los. Esse problema de interpretação do gráfico não é atribuído apenas à formação inadequada em matemática. Esses estudos mostram que existem alunos que traçam um gráfico facilmente, mas não sabem aplicar o que aprenderam sobre esses gráficos no estudo da cinemática, portanto existem outros fatores que influenciam diretamente na capacidade de fazer as ligações entre a representação gráfica e as relações entre as grandezas físicas que esta representa.

No estudo *Interpretação de Gráficos da Cinemática*, McDermott *et al.* (1986) analisaram as narrativas feitas pelos estudantes durante o processo de elaboração e análise de gráficos e identificaram as principais dificuldades apresentadas por esses alunos ao trabalharem com gráficos cinemáticos, organizadas em dois grupos: i) dificuldade em relacionar o gráfico às grandezas físicas e ii) dificuldade de relacionar o gráfico aos fenômenos representados.

Dificuldade em relacionar o gráfico às grandezas físicas

O estudo identificou que é comum os alunos apresentarem um desempenho satisfatório em questões numéricas sobre os conceitos quando os mesmos não envolvem gráficos e que a maioria dos erros cometidos pelos alunos podem ser atribuídos à dificuldade de interpretação do gráfico ao invés da falta de conhecimento dos conceitos.

McDermott *et al.* (1986) listaram as principais dificuldades:

- a. Diferenciar a informação fornecida pela inclinação do gráfico da fornecida pela altura;
- b. interpretar o significado na mudança na altura e na inclinação;
- c. relacionar o gráfico da velocidade em função do tempo com o da posição em função do tempo;
- d. confrontar informações descritas do movimento com o das características do correspondente gráfico;
- e. interpretar a área sob o gráfico velocidade em função do tempo como deslocamento.

Dificuldade de relacionar o gráfico aos fenômenos representados

As dificuldades abaixo listadas são similares às anteriores, mas têm natureza diferente. Nesse grupo estão reunidas as dificuldades do aluno para descrever o movimento realizado pelo corpo a partir de sua representação gráfica, ou seja, o aluno não faz a conexão entre a representação gráfica e o correspondente movimento no mundo real.

- a. Representar o movimento contínuo através de uma linha contínua;
- b. separar a forma do gráfico da trajetória do movimento;
- c. representar velocidade negativa no gráfico velocidade em função do tempo;
- d. representar aceleração constante no gráfico aceleração em função do tempo;
- e. distinguir as diferenças entre os tipos de gráficos do movimento.

Um outro aspecto relevante deste estudo, conhecido por ser difícil para os estudantes é a relação entre as equações horárias e os correspondentes gráficos.

Acredita-se que a compreensão da representação gráfica desempenha um papel fundamental no processo ensino-aprendizagem dos conceitos da cinemática da mesma forma em outros tópicos em Física.

4.7.1. Características dos gráficos posição versus tempo e velocidade versus tempo

A análise de um gráfico que representa o conjunto de dados das grandezas cinemáticas, que podem ou não caracterizar uma função, permite conhecer as características do movimento representado. O uso da representação gráfica permite prever a evolução do movimento de um corpo através de uma equação representada no gráfico. Essa equação pode ser deduzida a partir dos gráficos da posição e da velocidade em função do tempo de movimentos específicos. A seguir, desenvolve-se um tratamento algébrico para um gráfico do movimento de um corpo com aceleração constante.

A relação entre o gráfico da velocidade versus tempo e a distância percorrida

Uma característica útil do movimento retilíneo uniformemente variado é que o módulo da velocidade varia uniformemente, isto é, está submetido a uma aceleração constante.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \text{constante}$$

O gráfico para representar o módulo da aceleração em função do tempo de um movimento com aceleração constante é uma semi-reta paralela ao eixo do tempo, figura 10.

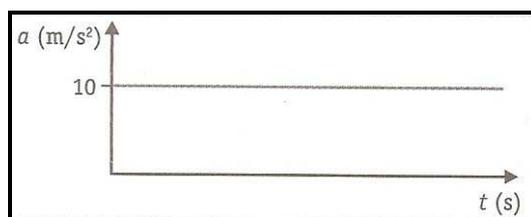


Figura 10: Gráfico do módulo da aceleração em função do tempo.

A figura 11 mostra que o módulo da velocidade de um corpo que parte do repouso com aceleração constante varia sempre da mesma forma em função do tempo.

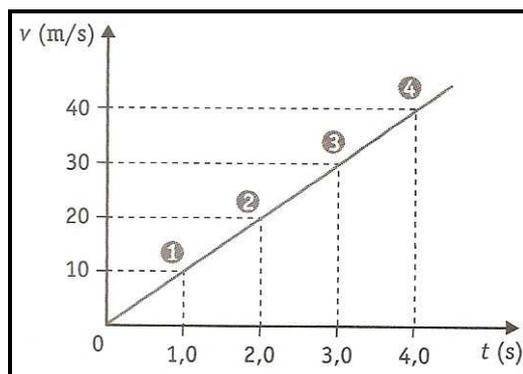


Figura 11: Gráfico da velocidade em função do tempo de um corpo que se move com aceleração constante a partir do repouso.

Para qualquer movimento retilíneo com aceleração constante pode-se escrever uma equação horária que corresponde ao gráfico da função da velocidade em relação ao tempo.

$$v = v_0 + at$$

A área da figura geométrica formada entre a linha do gráfico da velocidade em função tempo e o eixo do tempo fornece a distância percorrida para qualquer tipo de movimento. A figura 12 mostra o gráfico da velocidade em função tempo do movimento de um corpo com aceleração constante a partir de uma velocidade inicial diferente de zero.

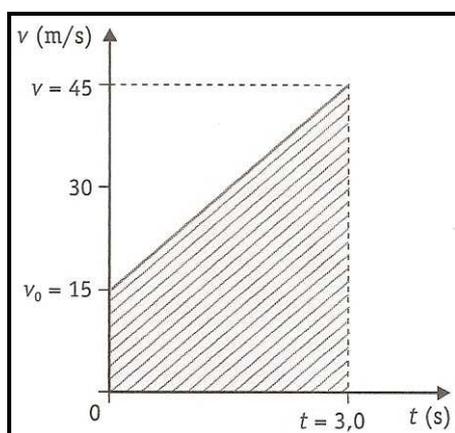


Figura 12: A área hachurada é igual ao módulo do deslocamento.

Para encontrar uma equação horária que permita calcular o módulo do deslocamento de um objeto com movimento retilíneo uniformemente variado conhecendo sua velocidade inicial (v_0), sua aceleração (a) e o instante de tempo basta determinar a área hachurada da figura, logo:

$$\Delta s = \left(\frac{v_f + v_0}{2} \right) t$$

Ao substituir o valor da velocidade pela expressão: $v = v_0 + at$, tem-se:

$$\Delta s = \left(\frac{v_0 + at + v_0}{2} \right) t = \left(\frac{2v_0 + at}{2} \right) t \Rightarrow \Delta s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Existem dois termos na equação do deslocamento: o primeiro ($v_0 t$) que dá o módulo do deslocamento que o objeto teria se o valor da velocidade (v_0) permanecesse constante; e o segundo ($\frac{at^2}{2}$) que fornece o módulo do deslocamento se o objeto tivesse partido do repouso.

Se for considerado o deslocamento como a diferença das posições final e inicial, pode-se escrever a função que dá a posição (s) no instante de tempo (t) de um objeto ao longo de uma trajetória.

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

O gráfico posição versus tempo, para esse movimento, será um arco de parábola, figura 13. É necessário perceber que esse arco não representa a trajetória do corpo e sim as posições em cada instante de tempo. Esse gráfico permite determinar a velocidade instantânea, como discutido na seção 4.5.

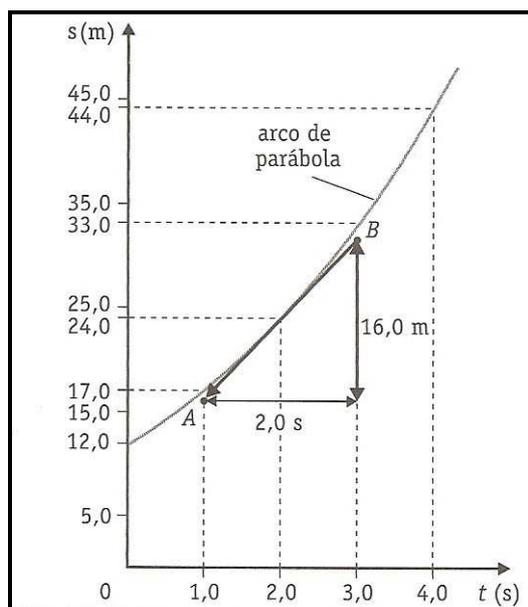


Figura 13: Gráfico da posição versus tempo de um movimento com aceleração constante.

Interpretação da velocidade média no movimento com aceleração constante

Existe uma relação entre a velocidade média e as velocidades no início e no final do movimento com aceleração constante. Esse teorema foi desenvolvido pelos denominados Calculadores de Merton College, da Universidade de Oxford, na primeira metade do século XIV. O teorema estabelece que: *um objeto em movimento uniformemente acelerado percorre, ao fim de um determinado intervalo de tempo, o mesmo espaço que seria percorrido por um objeto que se deslocasse com velocidade uniforme que fosse igual à velocidade média do primeiro.*

Para demonstrá-la, basta calcular o valor médio entre a velocidade inicial e final num dado intervalo de tempo. A figura 14 mostra o gráfico da velocidade em função do tempo de um movimento com aceleração constante. A velocidade média corresponde a linha paralela ao eixo do tempo que passa no ponto médio da reta do gráfico e assim formam-se dois triângulos I e II com a mesma área.

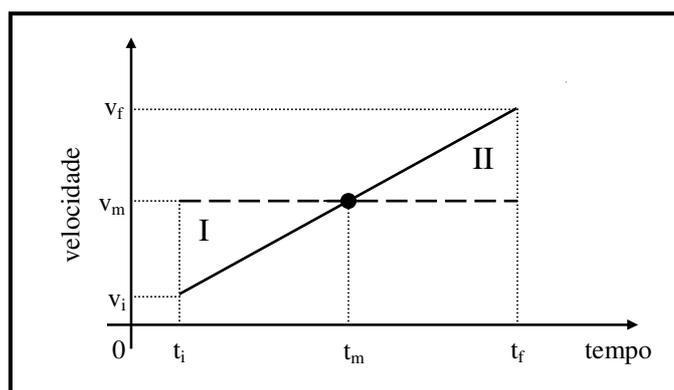


Figura 14: Gráfico da velocidade em função do tempo de um movimento com aceleração constante.

Por causa da característica do gráfico da velocidade em função do tempo ser uma reta (função do 1º grau) no movimento com aceleração constante, as áreas dos triângulos I e II serão sempre iguais em relação ao ponto médio, que é o valor de v_m . A velocidade média num movimento com aceleração constante será:

$$v_m = \frac{v_0 + v_f}{2} \quad \text{ou} \quad \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v_0 + v_f}{2}$$

Esse teorema é útil no estudo do movimento com aceleração constante porque com ele é possível analisar a variação da velocidade média durante intervalos de tempo de curta duração, apresentado no Capítulo 5: Atividade VI. Na construção do gráfico da

velocidade em função do tempo do movimento com aceleração constante é necessário aplicar esse teorema, pois os dados correspondem à posição e o instante de tempo associado a essa posição. Dessa forma o aluno precisa usar o tempo médio entre dois instantes de tempo escolhidos para representar o valor da velocidade média, como mostrado na figura 14.

CAPÍTULO 5. DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS BÁSICOS DA CINEMÁTICA UTILIZANDO A FOTOGRAFIA ESTROBOSCÓPICA DIGITAL

O estudo da cinemática costuma ser tratado de maneira a privilegiar o tratamento matemático através da resolução de problemas numéricos tradicionais no ensino médio, com isso despende-se um tempo excessivo do cronograma estabelecido para os conteúdos de mecânica. De acordo com professores de escolas públicas, muitas vezes há a necessidade de relembrar esses conceitos (posição, velocidade, aceleração, equações, gráficos) quando é preciso aplicá-los em outro conteúdo da Física. Álvares & Luz (2005) sugerem no guia para o professor que esse tratamento seja evitado, porque a extensão da cinemática no contexto da Física fica limitada ao desenvolvimento dos conceitos básicos sobre movimento. O fato de ter que retroceder com a matéria, implica no risco de sacrificar o tempo que seria dispensado a outros assuntos da mecânica, como as leis de Newton e as leis de conservação de energia e do momento linear.

Esse tempo excessivo associa-se ao desenvolvimento de habilidades de procedimentos matemáticos que levam o aluno a resolver problemas quantitativos tradicionais. No entanto, tal desempenho depende da memorização de fórmulas e conseqüentemente deixa o aluno com a impressão de que os conceitos físicos são apenas cálculos matemáticos. Como McDermott (1993) já sinalizou²⁵, essa habilidade matemática não garante que o aluno desenvolva a abstração exigida na aprendizagem da física elementar, pois geralmente ele não aplica com compreensão os conceitos físicos em situações diferentes dos problemas propostos.

Em geral os alunos têm dificuldades para utilizar o conhecimento apreendido em outros contextos. Uma alternativa para superar esse problema de aprendizagem é desenvolver atividades práticas que deem significados aos conceitos físicos em conjunto com a aula expositiva, através de uma dinâmica na qual o aluno possa aplicar o conceito logo após ou concomitantemente com sua apresentação. O objetivo dessa metodologia é buscar integração entre a aula prática e a aula conceitual e assim levar o aluno a interpretar e compreender as grandezas físicas e representá-las simbolicamente, fazer medidas e dar significado aos dados. Nesse processo o aluno também aprenderá a

²⁵ Esse tema foi apresentado na seção 4.1.

organizar os dados em tabelas, traçar e analisar os gráficos e escrever as equações representativas do movimento estudado.

5.1. Estratégia para o ensino da Cinemática

O estudo da cinemática é dificultado pela impossibilidade de visualização direta do tipo de movimento observado, isto é, não se coleta dados quantitativos do movimento – posição e tempo, apenas se fazem análises qualitativas. Sendo assim, analisar o movimento apenas com a observação direta, sem o auxílio de algum instrumento (sensor, câmera), não permite aquisição de dados. Na presente proposta utiliza-se a fotografia estroboscópica digital como instrumento de coleta de dados correspondentes a posição e tempo.

Como descrito por Dias *et al.* (2009), a utilização da fotografia estroboscópica digital em atividades práticas é um exemplo de aplicação de experimentos em sala de aula, sem a necessidade de instrumentos ou aparelhos sofisticados, pois a fotografia impressa permite que o aluno visualize concretamente o movimento e faça medições – posição e tempo, para análise do fenômeno físico.

O importante na atividade prática, além de apresentar com clareza o objetivo é o envolvimento participativo do aluno na busca de respostas/soluções para as questões apresentadas. O estudante pode formular questões, sanar dúvidas e propor hipóteses. Dessa forma pretende-se fazer a integração entre o conhecimento prático e o conhecimento teórico. A estratégia de ensino escolhida neste trabalho não necessita do laboratório didático estruturado para realização das atividades e está baseada na teoria da aprendizagem de Vygotsky, apresentada no Capítulo 2. O papel do professor é organizar a turma em pequenos grupos na própria sala de aula para facilitar a interação entre os componentes que possuem nível de conhecimento diferente. Ele deve mediar a atividade prática, na qual utiliza inicialmente um roteiro estruturado e propõe questões no final da atividade, a fim de conduzir o aluno à compreensão do fenômeno físico.

5.2. Atividades práticas no ensino de física

A proposta da atividade prática apresentada usa duas estratégias: i. Guia de instruções estruturadas e ii. Questões de aplicação. O aluno recebe um roteiro de laboratório onde as instruções são detalhadas de modo a fazer observações que registram os dados necessários para a compreensão do movimento e através disso dar significados às grandezas físicas.

O professor precisa orientar o aluno para que ele desenvolva as etapas adequadamente, de modo que ao final do módulo o aluno saberá representar as grandezas físicas, utilizar expressões matemáticas e tirar conclusões a respeito dos fenômenos estudados. Essa abordagem privilegia o desenvolvimento gradual dos conceitos e coloca o aluno como participante ativo no processo ensino-aprendizagem.

5.3. O uso de atividades práticas na Cinemática

Verifica-se que o uso de atividades como estratégia pedagógica para o desenvolvimento dos conteúdos da Física é apontado por professores e alunos como a metodologia necessária no processo ensino-aprendizagem, pois as experiências demonstram o comportamento dos fenômenos, além de ser um objetivo motivacional para o aluno. Para o professor é um instrumento pedagógico facilitador da compreensão do fenômeno físico.

Não há tradição de realizar atividades práticas no ensino médio brasileiro, por isso é basicamente teórico, sem experimentos e demonstrações, a maioria das escolas sequer dispõe de laboratórios (AGUIAR, 2006).

Alguns dos entraves que encontramos para a implementação dessa estratégia de ensino são: infra-estrutura escolar deficiente, pouca relação entre a aula teórica e a aula prática e atividades experimentais limitadas ao cumprimento de roteiros com instruções precisas. A falta de tempo na grade escolar é também justificativa frequente para que atividades práticas não sejam desenvolvidas, favorecendo a apresentação teórica e a resolução de problemas quantitativos tradicionais. A proposta desta pesquisa é superar esses obstáculos e assim desenvolver o conteúdo de física de forma que o aluno aprenda.

5.3.1. O ensino da cinemática utilizando a fotografia estroboscópica digital

As atividades propostas neste trabalho envolvem o estudo do movimento de corpos que se movimentam com velocidade constante ou com aceleração constante e têm como objetivo utilizar os dados coletados de posição e instante de tempo da fotografia estroboscópica digital e aplicá-los para desenvolver os conceitos básicos da Cinemática: referencial, instante de tempo, intervalo de tempo, posição, deslocamento, trajetória, velocidade e aceleração, ou seja, construir significativamente a cinemática escalar a partir da observação, coleta, organização dos dados, identificação de regularidades, interpretação, previsão e análise do comportamento das grandezas físicas do sistema estudado e utilizar os símbolos, as equações e os gráficos para representar essas grandezas físicas.

O mapa conceitual da figura 15 ilustra quais são as grandezas físicas desenvolvidas nas atividades experimentais.

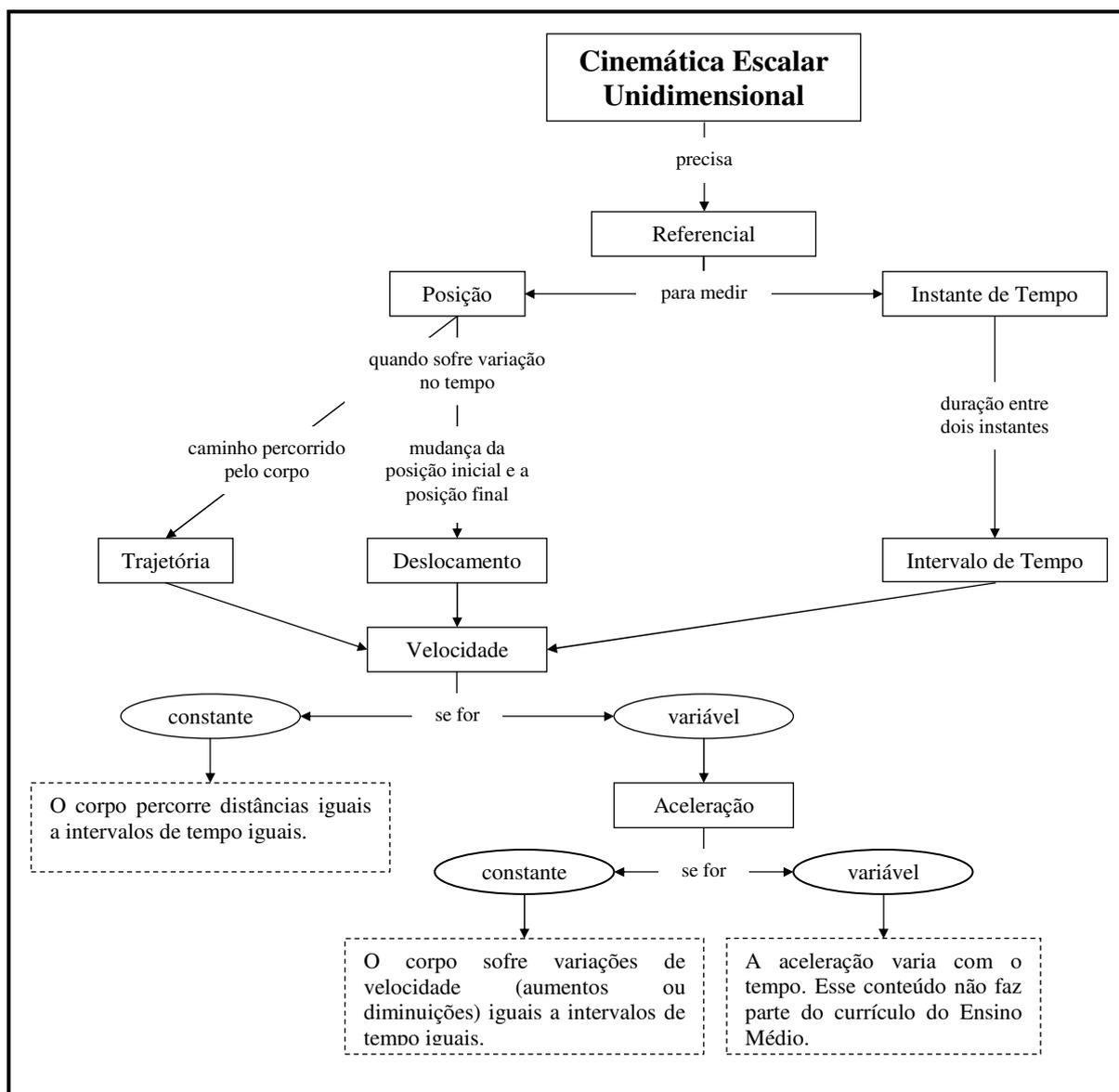


Figura 15: Mapa conceitual representativo das grandezas físicas da cinemática escalar tratadas neste trabalho.

Os conteúdos da cinemática a serem desenvolvidos em sala de aula são divididos em partes com o objetivo de proporcionar ao aluno a aprendizagem gradual dos conceitos e das grandezas físicas.

Parte A: Movimento retilíneo com velocidade constante.

Parte B: Movimento retilíneo com aceleração constante.

Parte C: Movimento em duas dimensões: independência dos movimentos.

Parte D: Simulação computacional: avaliação da aprendizagem.

As atividades tem como principais características não precisar de um laboratório estruturado e apresentar questões complementares a aula conceitual, isto é, não existem dois momentos para aprendizagem: uma aula conceitual tradicional e uma aula prática no laboratório. O aluno é solicitado a aplicar os conceitos logo após a explicação do professor. Cada atividade é planejada para ser realizada em sala de aula preferencialmente com a turma dividida em grupos, pois acredita-se que o processo ensino-aprendizagem é facilitado quando o aluno tem oportunidade de interagir com outros alunos e com o professor, expondo e discutindo sobre suas idéias, dificuldades e conclusões.

O aluno deve possuir alguns conhecimentos de matemática considerados como pré-requisito para o processo ensino-aprendizagem da cinemática escalar, tais como: equações polinomiais (1° e 2° grau) – leitura e expressão em linguagem algébrica, conhecer o conceito de variável, incógnita e raiz de uma equação; sistema de coordenadas cartesianas – conhecer a correspondência entre os elementos de conjuntos e saber marcar os pares; interpretação gráfica – conhecer o conceito de função (1° e 2° grau) e conhecer as características do gráfico da função (1° e 2° grau).

Estas atividades permitem ao professor integrar as aulas conceituais de cinemática, de forma que o aluno reconheça as informações, as idéias e os conceitos relacionados as grandezas físicas, compreenda os conceitos físicos, utilize as representações simbólicas das grandezas físicas junto com os correspondentes conceitos e definições e classifique e analise os dados coletados através de tabelas, gráficos e equações matemáticas.

A seguir são apresentadas resumidamente as atividades, organizadas da forma como estão apresentadas no Caderno do Professor (Apêndice 2).

PARTE A: MOVIMENTO RETILÍNEO COM VELOCIDADE CONSTANTE

A forma mais simples de movimento de um corpo é o realizado ao longo de uma trajetória em linha reta com velocidade constante – o movimento retilíneo uniforme. Por isso é utilizado para desenvolver os conteúdos iniciais da cinemática gradualmente de forma que o aluno: reconheça as informações, as idéias e os conceitos relacionados às grandezas físicas, compreenda os conceitos físicos, utilize as representações simbólicas das grandezas físicas junto com os correspondentes conceitos

e definições e classifique e analise os dados coletados através de tabelas, gráficos e equações matemáticas.

ATIVIDADE I: DEFINIÇÃO OPERACIONAL DO CONCEITO DE ESPAÇO

Nesta atividade o aluno desenvolve os conceitos e as respectivas representações simbólicas das grandezas físicas posição (s), deslocamento (Δs), trajetória e distância percorrida através da utilização de um exemplo prático de uma pessoa que se desloca entre dois endereços. Para isso usa-se um mapa da região da cidade do Rio de Janeiro.

ATIVIDADE II: DEFINIÇÃO OPERACIONAL DO CONCEITO DE TEMPO

Nesta atividade o aluno utiliza a fotografia estroboscópica digital do movimento de uma esfera numa canaleta horizontal para calcular a duração do intervalo de tempo entre duas posições consecutivas. Com esse valor o aluno realiza tarefas para desenvolver os conceitos de instante de tempo e intervalo de tempo e as respectivas representações simbólicas. Espera-se que o aluno compreenda o conceito de instante de tempo como sendo a leitura do relógio (cronômetro) que “move-se” junto com a esfera ou que foi “disparado” a partir do início do movimento.

ATIVIDADE III: DEFINIÇÃO OPERACIONAL DO CONCEITO DE MOVIMENTO

Nesta atividade o aluno verifica que para estudar um movimento é necessário adotar um sistema de coordenadas para saber onde está o corpo (posição) e que essa informação depende de uma origem escolhida arbitrariamente. Espera-se que o aluno compreenda que estudar um movimento é comparar uma posição com uma nova posição em relação à mesma origem em função do tempo.

O conceito de rapidez é introduzido nesse momento, pois se acredita que ele facilita a interpretação do conceito de movimento. A rapidez informa em que taxa ocorre a mudança na posição do corpo em função do tempo $\left(\frac{\Delta s}{\Delta t}\right)$, essa taxa tem sempre valores positivos. Assim que esse conceito estiver compreendido o aluno estará pronto para aprender o conceito de velocidade escalar.

ATIVIDADE IV: VERIFICAÇÃO DO VALOR ABSOLUTO DO DESLOCAMENTO DE UM CORPO

Nesta atividade o aluno verifica que a medida do intervalo de espaço independe da posição da régua. Espera-se que o aluno compreenda que a medida de um comprimento é a mesma independentemente de como a régua foi posicionada sobre a figura.

ATIVIDADE V: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MOVIMENTO DE UM CORPO

A construção de gráficos representativos do movimento de um corpo é fundamental para a compreensão e interpretação da cinemática. Por isso o aluno deve saber organizar os dados num gráfico, escolher escalas adequadas para os eixos, identificar a unidade de medida das grandezas físicas, dar título representativo ao gráfico, traçar a melhor curva representativa dos dados e definir uma função ou equação que esteja de acordo com a curva traçada no gráfico.

Nesta atividade são realizadas medidas das posições sucessivas, a intervalos de tempo iguais, de uma esfera em movimento numa canaleta horizontal, obtidas a partir de uma fotografia estroboscópica digital. Esses dados são registrados numa tabela e em seguida são preenchidas as colunas correspondentes aos valores de instante de tempo, intervalo de tempo, deslocamento e rapidez.

Essa tabela apresenta explicitamente em cada linha a forma simbólica para o cálculo das grandezas físicas. Isso se deve por se tratar da primeira tabela construída para registro dos dados e seu processamento, trata-se apenas de dar um reforço para que o aluno aprenda a utilizar corretamente esses dados e dar significado aos mesmos e as respectivas representações simbólicas.

PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SOBRE MOVIMENTO COM VELOCIDADE CONSTANTE

Nesta parte são disponibilizados problemas que deverão ser utilizados de acordo com a estratégia do professor como pré-teste ou como avaliação da

aprendizagem dos alunos sobre os conceitos físicos tratados na PARTE A relacionados ao movimento retilíneo com velocidade constante.

PARTE B: MOVIMENTO RETILÍNEO COM ACELERAÇÃO CONSTANTE

As atividades anteriores foram planejadas com o objetivo de desenvolver os conceitos das grandezas fundamentais do movimento retilíneo uniforme. Nas atividades a seguir estuda-se o movimento do corpo com velocidade variável a partir dos gráficos posição e velocidade em função do tempo dos dados coletados da fotografia estroboscópica digital. Assim, o aluno desenvolverá um novo conceito físico: *aceleração*, onde aplica seu conhecimento sobre representação gráfica numa nova situação na análise do movimento com aceleração constante.

ATIVIDADE VI: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE UM MOVIMENTO ACELERADO

Nesta atividade são medidas as posições sucessivas de uma esfera em movimento sobre uma canaleta inclinada a partir de uma fotografia estroboscópica digital. Esses dados são registrados numa tabela, assim como as informações referentes a instante de tempo, intervalo de tempo, deslocamento e velocidade média.

A seguir o aluno traça os gráficos *posição x tempo* e *velocidade x tempo* do movimento da esfera. Para traçar o gráfico da velocidade em função do tempo é preciso que o aluno compreenda o procedimento matemático necessário para fazer o tratamento dos dados da velocidade variável do corpo. Para tanto o professor deverá justificá-lo através de uma demonstração geométrica simples, o Teorema de Merton descrito na seção 5.7.1. Nesse teorema usa-se o valor médio entre a velocidade inicial e final do movimento com aceleração constante, que corresponde a velocidade média, considerando o movimento da esfera nesse curto intervalo de tempo como uniforme.

Esse teorema é importante no estudo do movimento com aceleração constante, porque com ele é possível considerar a aceleração como a variação das velocidades médias durante intervalos de tempo de curta duração. Na construção do gráfico da velocidade em função do tempo do movimento da esfera é necessário representar a velocidade no centro do intervalo de tempo correspondente (tempo médio).

ATIVIDADE VII: DETERMINAÇÃO GRÁFICA DA VELOCIDADE INSTANTÂNEA

Nesta atividade, busca-se examinar “com uma lente de aumento” uma região do gráfico da posição em função do tempo de um corpo acelerado, primeiramente aumenta-se a escala $\times 10$ e observa-se que o gráfico aproxima-se de uma reta. A amplificação $\times 100$ mostra que a função tende a uma reta. Com isso o aluno compreende que quando se utiliza intervalo de tempo muito pequeno a curva tende a se aproximar de uma reta – teorema do limite de uma função. Esse recurso matemático é utilizado para determinar a velocidade instantânea num exato instante de tempo. Espera-se que o aluno compreenda o conceito de velocidade instantânea sem precisar utilizar o teorema do limite de uma função.

PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SOBRE MOVIMENTO COM ACELERAÇÃO CONSTANTE

Nesta parte são disponibilizados problemas que deverão ser utilizados de acordo com a estratégia do professor como pré-teste ou como avaliação da aprendizagem dos alunos sobre os conceitos físicos tratados na PARTE B relacionados ao movimento retilíneo com velocidade constante.

PARTE C: MOVIMENTO EM DUAS DIMENSÕES: INDEPENDÊNCIA DOS MOVIMENTOS

Nessa Parte o aluno aplica os conhecimentos sobre movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado na situação em que o corpo se movimenta em duas dimensões. Vale ressaltar que o tratamento feito aqui não solicita a compreensão da cinemática vetorial e que tratará a composição dos movimentos uniforme e uniformemente variado como se a velocidade e a aceleração fossem grandezas escalares

ATIVIDADE VIII: INDEPENDÊNCIA DOS MOVIMENTOS

Nesta atividade o aluno deve reconhecer que a trajetória parabólica do movimento de um projétil no ar é a combinação dos movimento horizontal com velocidade constante e vertical com aceleração constante.

Espera-se que o aluno verifique e compreenda a independência de movimentos através da análise dos gráficos da posição e da velocidade em função do tempo do movimento da esfera.

PARTE D – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL: AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

O uso da simulação é apresentado com o intuito de complementar a aprendizagem dos alunos que deve ter acontecido a partir do ensino realizado em sala de aula utilizando as atividades propostas através da fotografia estroboscópica digital.

A simulação permitirá que o aluno sedimente os conceitos adquiridos, trabalhe com as grandezas físicas da cinemática e controle as variáveis que determinam os gráficos dos movimentos observados na tela: posição, velocidade e aceleração. Assim o aluno reforça a aprendizagem da cinemática básica através da realização de exercícios no controle dos valores selecionados da posição, velocidade e aceleração, quando seguido da observação imediata dos gráficos dos movimentos selecionados.

Existem várias simulações disponíveis para serem usadas gratuitamente, dentre elas tem-se:

- LIMC – Universidade Federal do Rio de Janeiro: Aplicativos Computacionais no Ensino de Física , disponível em <http://omnis.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2010_Geraldo_Felipe/CD-Aplicativos/index_1.html>
- Portal do Professor do MEC, disponível em <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/recursos.html>>
- PHET Simulações Interativas da Universidade do Colorado disponível em <<http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/new>>

ATIVIDADE IX: SIMULAÇÃO DO MOVIMENTO DE UM CORPO

Nesta atividade o aluno utiliza a simulação para, através do controle das grandezas físicas, verificar como elas modificam o movimento do corpo. A simulação *O homem em movimento* (*The moving man* é uma simulação desenvolvida pelo PhET – Projeto de Simulações Interativas – da Universidade do Colorado. Disponível em <<http://phet.colorado.edu/en/simulation/moving-man>>) é composta por controles para as grandezas físicas posição, velocidade e aceleração. O aluno escolhe valores para cada uma das grandezas. Quando a tecla *play* é acionada o “homem” começa a realizar o movimento solicitado e os gráficos são traçados simultaneamente.

Considerações finais

A proposta do trabalho é oferecer ao professor de física da escola pública uma alternativa para desenvolver os fundamentos da cinemática escalar que utiliza a fotografia estroboscópica digital, ferramenta de fácil aplicação e custo quase nulo, para o ensino do movimento de objetos macroscópicos que se movem com baixa velocidade. Esse recurso fornece o registro do movimento a intervalos de tempo precisos e é de fácil manipulação por alunos em sala de aula.

Devido às características e diversidade de cada escola, nem sempre há recursos disponíveis. Esta pesquisa visou também o baixo custo, a fim de atender a todas as realidades.

Os estudantes, em geral, apresentam dificuldade em relação à disciplina, então a expectativa é que os alunos tenham uma participação mais ativa e sintam-se mais confiantes. A proposta visa uma mudança de postura do professor e dos alunos que tende a traduzir-se na melhoria do desempenho.

A metodologia utilizada no desenvolvimento das atividades propõe a interação aluno-aluno e aluno-professor no processo ensino-aprendizagem, como proposto por Vygostsky. Essa estratégia privilegia o desenvolvimento gradual dos conceitos básicos da cinemática, através de atividades práticas que deem significado aos conceitos físicos e são integradas as aulas teóricas.

O produto final – Caderno para o Professor – não tem a pretensão de ser um manual ou uma receita pronta, trata-se de sugestões de atividades práticas e exercícios

de aplicação a serem testados. O Caderno para o Professor visa auxiliar o docente que se depara com as necessidades educativas dos alunos nas aulas de física.

BIBLIOGRAFIA

AGRELLO, D. A.; GARG R. Compreensão de Gráficos de Cinemática em Física Introdutória. Revista Brasileira de Ensino de Física, Brasília, v.21, n.1, Março, 1999.

AGUIAR, C. E. Computadores no Ensino de Física. Material Didático Impresso do Curso de Informática para o Ensino de Física. CEDERJ: 2006 Disponível em <<http://omnis.if.ufrj.br/~carlos/infoenci/notasdeaula/roteiros/aula01.pdf>>. Acessado em 08/01/2011.

ÁLVARES, B. A. & LUZ, A. M. R. da., Física – volumes 1, 2 e 3. São Paulo: Scipione, v.1, 2005.

Any Vídeo Converter – Disponível em: <<http://www.any-video-converter.com>>. Acessado em: jan. 2008.

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.25, n.2, junho, 2003.

ARONS, A. B. *Teaching Introductory Physics*. New York: Wiley, 1997.

AZEVEDO, M.C.P.S., Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula: In: Carvalho, A.M.P. (org.), *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. São Paulo: Thomson, 2004.

BLOOM, B. S. *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. New York: 1956.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, n.3, p.291-313, dez. 2002.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB Nº 9.394/96.

CORVELONI, E. P. M., *et al.* Utilização de máquina fotográfica digital (mult-burst) para aulas experimentais de cinemática – queda livre. Paraná: Revista Brasileira de Ensino de Física, v.31, n.3, 2009.

CRUZ, C. H. de B.; CHAIMOVICH, H., Relatório UNESCO sobre Ciência 2010. Brasil: UNESCO, 2010.

DELORS, J. *Educação: Um Tesouro a Descobrir*. Brasil: UNESCO, 1998.

DIAS, M. A., AMORIM, H. S. de e BARROS, S. S., Produção de fotografias estroboscópicas sem lâmpada estroboscópica. Rio de Janeiro: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.26, n.3, p. 492-513, dez, 2009.

Doca, G. & Beck, M. Dilma lançará programa para dar ensino técnico a 3,5 milhões de trabalhadores até 2014. O Globo, Rio de Janeiro, 22 abril 2011. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com>>. Acesso em: 22 abril 2011.

ÉBOLI, E. ENEM 2009 revela que das mil piores escolas do país, 97,8% são estaduais. O Globo, Rio de Janeiro, 19 jul. 2010. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

FILHO, Aurélio Gonçalves; TOSCANO, Carlos. Física – volume único. São Paulo: Editora Scipione, 2008.

FÍSICA: Catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio: PNLEM/2009/Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília: MEC/SEB, 2008.

GASPAR, A. Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental. São Paulo: Ática, 2003.

GASPAR, Alberto. Física – volume único. São Paulo: Editora Ática, 2007.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA, Física 1: Mecânica. GREF. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 5ª. ed, 1999.

HEWITT, P. G. *Física Conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 9 ed., 2002.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. Science Education, New York, v.88, n.1, p.28-54, 2004.

ImageJ – Disponível em: <<http://rsb.info.nih.gov/ij/>>. Acessado em: jan. 2008.

INEP/MEC. Censo Escolar registra 51,5 milhões de alunos matriculados em 2010. Brasília, 20 dez. 2010. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br>>. Acesso em: 22 dez. 2010.

INEP/MEC. Sistema de ensino precisa de 250 mil professores. Brasília, 27 maio 2003. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

ISAACS, G. Bloom's taxonomy of educational objectives. Australia: The University of Queensland, 1996.

LAHERA, J.; FORTEZA, A. Ciências Físicas nos Ensinos Fundamental e Médio: Modelos e Exemplos. Porto Alegre: Artmed Editora, 2008.

- LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. Física. São Paulo: Editora Scipione, 1. ed., 2008.
- MAGALHÃES, M. G. M. de *et al.* Utilizando Tecnologia Computacional na Análise Quantitativa de Movimentos: Uma Atividade para Alunos do Ensino Médio. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, v.24, n.2, junho, 2002.
- McDERMOTT, L. C. Guest Comment: How we teach and how students learn – A mismatch? Washington: American Journal of Physics, v.61, n.4, abril, 1993.
- McDERMOTT, L. C.; ROSENQUIST, M. L.; VAN ZEE, E. H. Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. Washington: American Journal of Physics, v 55, n.6, junho, 1987.
- McDERMOTT, L. C.; SHAFFER, P. S.; ROSENQUIST, M. L. Physics by Inquiry: an Introduction to Physics and the Physics Sciences. V. II. Physics Education Group. University of Washington: 1996.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Como elaborar o Plano de Desenvolvimento da Escola FUNDESCOLA/DIPRO/FNDE/MEC, Brasília, 3a ed., 2006.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio PCN-EM. Brasil: MEC/SEMTEC – Secretaria de Educação média e Tecnológica, Brasília, 2002.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Programas para melhoria da Educação Básica. Brasil: MEC/SEMTEC – Secretaria de Educação média e Tecnológica, Disponível em < <http://portal.mec.gov.br/>>. Acesso em 10 dez. 2010.
- MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.
- NEDELSKY, L. Science Teaching and Testing. New York: Harcourt, Brace & World Inc., 1965.
- OLIVEIRA, M. K. de. Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento – Um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 4 ed., 2008.
- PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. A.; Física: Ciência e Tecnologia – volumes 1, 2 e 3. São Paulo: Moderna, 1. ed., 2005.
- PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE. Física – Parte I. São Paulo: EDART, 1969.

- PISA, Brasil está entre os países que mais evoluíram na educação, mas ainda ocupa as últimas posições no ranking internacional. O Globo, Rio de Janeiro, 15 dez. 2010. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com>>. Acesso em: 15 dez. 2010.
- RICARDO, E. C., Implementação dos PCN em sala de aula: Dificuldades e Possibilidades. Física na Escola, v.4, n.1, p.8-11. maio 2003.
- ROSA, P. R. da S. Instrumentação para o Ensino de Ciências. UFMS/Departamento de Física. Campo Grande, 2008. Disponível em: <<http://www.dfi.ufms.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2010.
- ROSA, R. A.; RAPOZO, R. R.; CARVALHO, T. M. de; SABA, M. M. F. Fotografia Estroboscópica. São Paulo: Física na Escola, v.5, n.1, 2004.
- SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. Física – volume único. São Paulo: Atual Editora, 2003.
- SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. Universo da Física – volumes 1,2 e 3. São Paulo: Atual Editora, 2. ed., 2005.
- SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA, FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO, Catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio: PNLEM, MEC/SEB, Brasília, 2008.
- SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO. Reorientação Curricular Livro II – Ciências da Natureza e Matemática. Rio de Janeiro: SEE/RJ, 2006. Disponível em: <<http://www.conexaoprofessor.rj.gov.br/orientacoes2.asp>>. Acesso em: 20 mar. 2010.
- SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO. Reorientação Curricular: Curso de Atualização para Professores Regentes: Materiais Didáticos. Rio de Janeiro: SEE/RJ, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.conexaoprofessor.rj.gov.br/orientacoes2.asp>>. Acesso em: 20 mar. 2010.
- SHIROMA, E. O.; MORAES, M. C. M. de; EVANGELISTA, O. Política Educacional. Rio de Janeiro: Lamparina, 2007, 4ª ed.
- SISMANOGLU, B. N., *et al.* A utilização da filmadora digital para o estudo do movimento dos corpos. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, v.31, n.1, 2009.
- UNESCO. Declaração Mundial sobre Educação para Todos. Jomtien, Tailândia: 5 a 9 mar. 1990. Disponível em <<http://www.dominiopublico.gov.br>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

UNESCO. Monitoramento dos Objetivos de Educação para Todos no Brasil. Brasília: Ed. Moderna, 2010.

UNESCO. Relatório UNESCO sobre Ciência 2010. CRUZ, C. H. de B.; CHAIMOVICH, H. Brasil: 2010.

VirtualDub – Disponível em: <<http://www.virtualdub.org/index>>. Acessado em: jan. 2008.

VYGOTSKY, L. S. Pensamento e Linguagem. São Paulo, Martins Fontes. 1 ed.,1987.

APÊNDICE 1: LEVANTAMENTO SOBRE A EFICIÊNCIA DA APRENDIZAGEM DO ALUNO SOBRE OS CONCEITOS BÁSICOS DA CINEMÁTICA

Foi solicitado a um grupo de professores que ensinam física no ensino médio que respondessem o questionário abaixo descrito cujo objetivo é levantar informações sobre o processo ensino-aprendizagem da cinemática. Os resultados mostram que o professor dedica em média oito semanas de aula com quatro tempos e a aprendizagem dos alunos é deficiente ou regular. Quando solicitados a aplicar noções da cinemática em outros tópicos (eletricidade e magnetismo, dinâmica, etc.) os alunos precisam ser instruídos para tal. Ou seja, a retenção do conhecimento elaborado anteriormente é fraca.

Questionário com a contagem de respostas de 8 professores

1. Em que tipo de escola você trabalha?
(7) Pública (3) Privada
2. A Cinemática é ensinada na primeira ou na segunda série?
(7) 1ª série (1) 2ª série
3. Qual é a sua carga horária semanal por turma? Aproximadamente
() 1 tempo () 2 tempos (1) 3 tempos (6) 4 tempos () Outro
4. Quanto tempo do ano letivo você destina ao ensino da cinemática (em média)?
() 2 semanas (1) 4 semanas () 6 semanas (7) 8 semanas () Outro
5. Em relação à eficiência da aprendizagem dos seus alunos:
 - a. O aluno utiliza sem dificuldades os conceitos aprendidos?
(3) Sim (5) Não
 - b. É preciso relembrar conceitos básicos (velocidade, aceleração, etc.) quando é necessário usá-los na Dinâmica, Eletrostática ou em outro conteúdo da Física ?
(6) Sim (2) Não
6. Como você classificaria a aprendizagem dos alunos (em média) sobre representar dados e analisar os gráficos dos movimentos uniforme e uniformemente variado?
(1) Boa (6) Regular (2) Não aprendem



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Alexsander Corrêa Paixão

**Caderno para o professor:
Conceitos básicos da cinemática
utilizando a fotografia estroboscópica
digital**

O “a – e – i – o – u” da cinemática no ensino
médio: a contribuição da fotografia
estroboscópica digital na sala de aula

Rio de Janeiro
09 de maio de 2011

ÍNDICE

1.Apresentação para o professor	1
2.Metodologia da atividade	4
3.A fotografia estroboscópica digital no ensino da cinemática escalar	5
3.1.Produção de fotografias estroboscópica digitais	6
3.1.1.Descrição do método de produção da fotografia estroboscópica digital	7
3.1.2.O passo a passo para produção da fotografia estroboscópica digital	8
4. Atividades propostas	16
Parte A: Movimento retilíneo com velocidade constante	16
Atividade I: Definição operacional do conceito de espaço	16
Roteiro I: Definição operacional do conceito de espaço	18
Atividade II: Definição operacional do conceito de tempo	20
Roteiro II: Definição operacional do conceito de tempo	21
Atividade III: Definição operacional do conceito de movimento	23
Roteiro III: Definição operacional do conceito de movimento	24
Atividade IV: Verificação do valor absoluto do deslocamento de um corpo	26
Roteiro IV: Verificação do valor absoluto do deslocamento de um corpo	27
Atividade V: Representação gráfica do movimento de um corpo	29
Roteiro V: Representação gráfica do movimento de um corpo	32
Proposta para avaliação da aprendizagem sobre o movimento com velocidade constante	36
Parte B: Movimento retilíneo com aceleração constante	38
Atividade VI: Representação gráfica de um movimento acelerado	38
Roteiro VI: Representação gráfica de um movimento acelerado	40
Atividade VII: Determinação gráfica da velocidade instantânea	43
Roteiro VII: Determinação gráfica da velocidade instantânea	44
Proposta para avaliação da aprendizagem sobre o movimento com aceleração constante	46
Parte C: Movimento em duas dimensões: independência dos movimentos	49
Atividade VIII: Independência dos movimentos	49
Roteiro VIII: Independência dos movimentos	51

Parte D: Simulação computacional: avaliação da aprendizagem	54
Atividade IX: Simulação do movimento de um corpo	54
Roteiro IX: Simulação do movimento de um corpo	57
5. Exemplos de fotografias estroboscópicas digitais	63
Referências bibliográficas utilizadas no desenvolvimento deste caderno	69

1. Apresentação para o professor

Caro Professor,

Este caderno é proposto para o ensino da cinemática básica e tem como principal característica não precisar de um laboratório estruturado para a realização de atividades práticas. Os dados experimentais para o estudo dos fenômenos são apresentados no formato de fotografia estroboscópica digital. Sugere-se selecionar as atividades de acordo com seu plano de aula e desenvolvê-las integradas à aula conceitual. Dessa forma deixam de existir dois momentos para aprendizagem que geralmente são diferenciados: a aula conceitual discursiva e a aula prática em separado.

Professores que trabalham em escolas públicas do Rio de Janeiro confirmam que são necessárias, em média, oito semanas para desenvolver o conteúdo da cinemática escalar e ainda assim os alunos não aprendem. As atividades apresentadas nesse caderno tentam contribuir, modestamente, para reverter essa situação através da apresentação de ferramentas úteis que têm custo muito baixo e são de fácil manipulação. Pretende-se, assim, otimizar o tempo e melhorar a eficiência da aprendizagem utilizando situações reais (fotografias estroboscópicas digitais) e desenvolvendo gradualmente os conceitos operacionais da física.

Como pré-requisitos, o aluno deve ter conhecimentos de matemática básica para a aprendizagem da cinemática escalar, tais como:

- equações de 1° e 2° grau – leitura e expressão em linguagem algébrica, conhecer o conceito de variável e de incógnita;
- sistema de coordenadas cartesianas – conhecer a correspondência entre os elementos de conjuntos e saber marcar os pares;
- interpretação gráfica – representação e características dos gráficos das funções de 1° e 2° grau.

Os pré-requisitos ajudam os alunos na construção dos gráficos *posição x tempo* e *velocidade x tempo*. As atividades contribuem para que os alunos interpretem os gráficos, ou seja, compreendam as ligações entre a representação gráfica e o assunto que ela representa.

Os conteúdos da cinemática escalar unidimensional tratados neste trabalho são divididos em:

Parte A – *Movimento retilíneo com velocidade constante*

Parte B – *Movimento retilíneo com aceleração constante*

Parte C – *Movimento em duas dimensões: independência dos movimentos*

Parte D – *Simulação computacional: avaliação da aprendizagem*

A seguir é apresentado um Mapa Conceitual que estrutura hierarquicamente os conceitos operacionais da cinemática escalar que são trabalhados tanto através das atividades práticas como da apresentação discursiva em sala de aula.

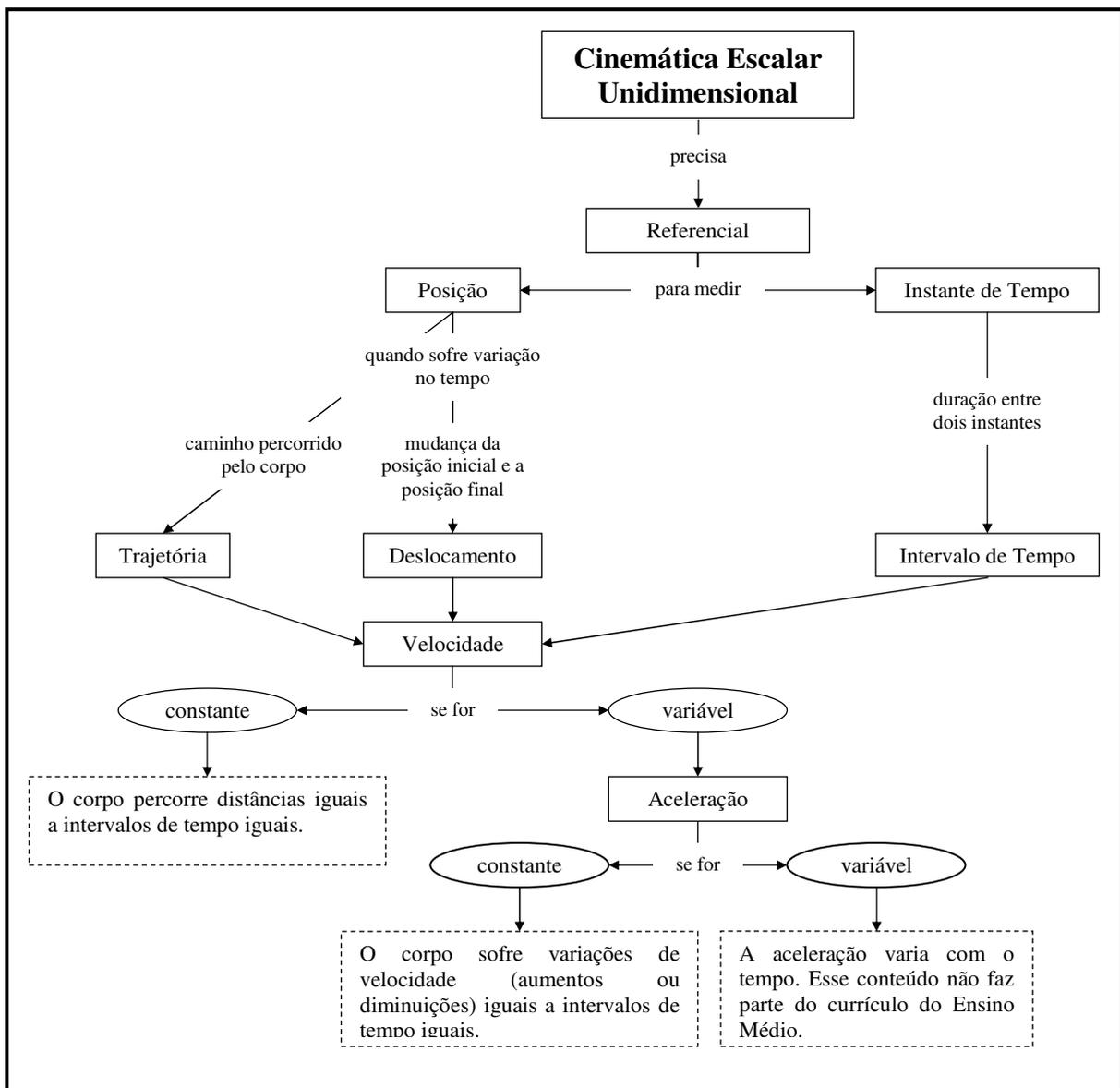


Figura 1: Mapa Conceitual das grandezas físicas da cinemática escalar no Ensino Médio.

O caderno contém as seguintes seções:

1. *Apresentação para o professor* – resume o conteúdo.
2. *Metodologia da atividade* – apresenta a metodologia de ensino que é sugerida para o desenvolvimento das atividades práticas.
3. *A fotografia estroboscópica digital no ensino da cinemática escalar* – apresenta um resumo sobre o que é a fotografia estroboscópica digital e o passo a passo de como produzi-la.
4. *Atividades propostas* – são as atividades organizadas hierarquicamente de acordo com o grau de complexidade. Cada atividade tem uma seção - *Orientação para o professor* - com comentários gerais sobre o desenvolvimento da atividade e sua relação com a física conceitual desenvolvida em sala de aula e os objetivos educacionais propostos. Contém também um *Roteiro* para o aluno com instruções, tarefas e questões, que está sempre formatado no início da página correspondente para que o professor possa fazer facilmente a reprodução.
5. *Exemplos de fotografias estroboscópicas digitais* – são algumas fotografias que o professor pode utilizar.

Sugere-se que todas as atividades sejam realizadas concomitantemente com a explanação na aula conceitual. Pois assim, os alunos podem fazer a correlação do fenômeno observado com a teoria desenvolvida em sala sobre movimento de um corpo.

2. Metodologia da atividade

A atividade prática permite que o aluno construa o conhecimento dos conceitos científicos apresentados em sala de aula através da observação do fenômeno e manipulação de materiais. O objetivo fundamental das atividades aqui apresentadas é tornar as explicações mais acessíveis quando o aluno “observa” o fenômeno (na fotografia estroboscópica digital) e traduzir essas informações para linguagens simbólicas mais abstratas.

As atividades apresentadas nesse trabalho estão organizadas hierarquicamente seguindo objetivos educacionais a partir do mais simples, *conhecimento*, no qual o aluno lembra a informação dada até sua *aplicação*, no qual o aluno usa a informação em um novo contexto.

A proposta aqui feita, que permite estudar fenômenos de difícil observação em sala de aula, tem como base o desenvolvimento de atividades estruturadas e guiadas através de instruções que devem ser trabalhadas com as aulas teóricas.

As atividades práticas planejadas e executadas devem promover a participação ativa dos alunos que discutem as mesmas idéias e devem responder às mesmas perguntas, condições essenciais para que ocorra sua aprendizagem.

A metodologia proposta é guiada por atividades estruturadas de forma que o aluno cumpra instruções que o oriente no desenvolvimento das tarefas e em seguida responda questões sobre aplicação das definições operacionais dos conceitos desenvolvidos. O aluno pode realizar as atividades sozinho ou com os colegas e com auxílio do professor. Por isso sugere-se que o professor divida a turma em grupos e que cada aluno responda sua ficha individualmente após discussão com os colegas.

Para verificação da aprendizagem, o professor tem um conjunto de problemas no final de cada parte que poderão ser usados como reforço e/ou avaliação da aprendizagem.

O uso de uma simulação foi acrescentado na parte D para que o professor reforce e/ou avalie a aprendizagem dos alunos sobre representação e interpretação gráfica do movimento de um corpo através da solução de exercícios que correspondem a situações físicas.

3. A fotografia estroboscópica digital no ensino da cinemática escalar

As atividades práticas no estudo da cinemática exigem a medida de posição e instante de tempo, que são problemáticas devido à dificuldade de medir intervalos curtos de tempo, por isso foi necessário introduzir vários instrumentos de medida, cada um com características específicas de uso: relógios elétricos ligados com relé que abre e fecha, centelhador eletrônico, células fotoelétricas e lâmpadas estroboscópicas e câmeras fotográficas, mas são poucas as escolas que têm e/ou utilizam esses recursos.

A fotografia estroboscópica digital é uma alternativa eficiente para registro dos dados do movimento de um corpo feito pelos alunos em sala de aula. A figura 2 apresenta um exemplo de fotografia estroboscópica digital de uma esfera movendo-se inicialmente sobre uma canaleta inclinada, depois na horizontal e termina em queda no ar. O intervalo de tempo entre posições sucessivas é de $1/25$ s.

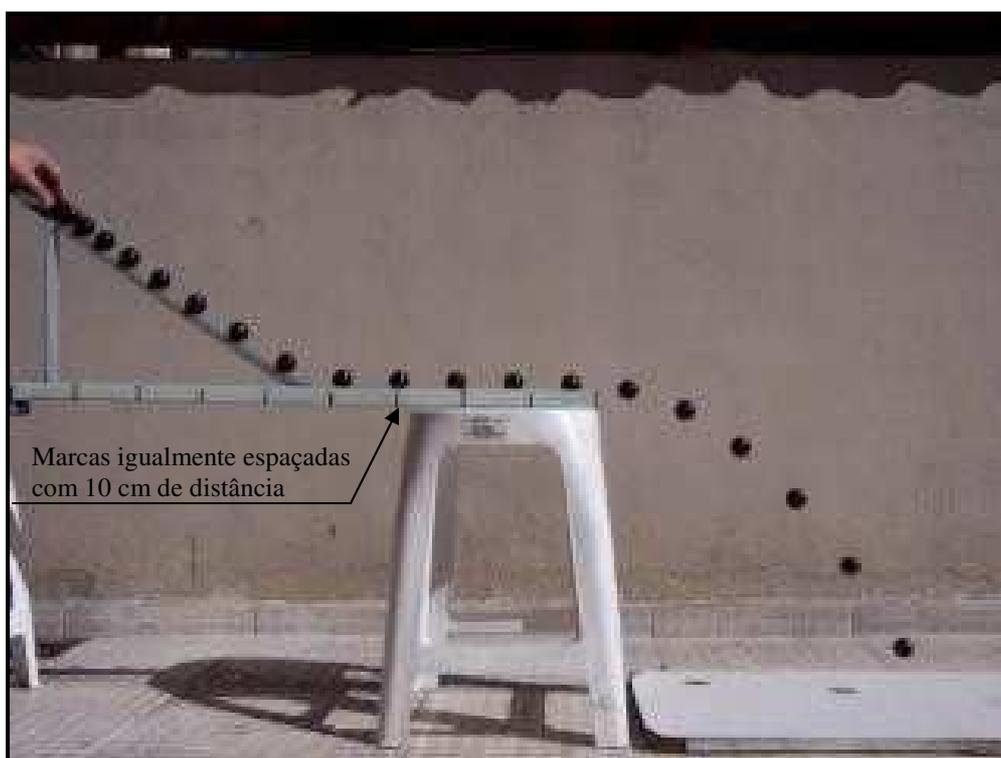


Figura 2: Fotografia estroboscópica digital de uma esfera movendo-se inicialmente sobre uma canaleta inclinada, depois na horizontal e termina em queda no ar.

O professor pode produzir suas fotografias. Para isso, a técnica de produção detalhada da fotografia estroboscópica digital é encontrada na seção 3.1.2., ou pode utilizar uma já pronta, dentre as disponibilizadas na seção 5.

Para o conhecimento do professor e para uma explanação breve para os alunos, foi escrito o parágrafo abaixo que descreve sumariamente como as fotografias são produzidas.

A fotografia estroboscópica digital é montada a partir de um vídeo realizado com uma câmera digital de uso amador e gravadas num arquivo. Este é transferido para o computador e trabalhado com dois programas de livre acesso que transformam o vídeo digital em uma sequência de fotos digitais (fotogramas) gravadas a intervalos de tempo fixo, que são sobrepostas para obter a fotografia estroboscópica digital.

Na Atividade II: DEFINIÇÃO OPERACIONAL DO CONCEITO DE TEMPO e Atividade III: DEFINIÇÃO OPERACIONAL DO CONCEITO DE MOVIMENTO é descrita a instrução básica que deve ser passada para o aluno antes de manipular a primeira fotografia estroboscópica digital para obtenção dos dados primários, posição e instante de tempo.

3.1. Produção de fotografias estroboscópicas digitais

Estudar um determinado movimento é saber utilizar um sistema de coordenadas para localizar o objeto a partir de um referencial pré-determinado e comparar com a nova posição assumida em relação ao mesmo referencial durante a passagem do tempo. Mas para obter essas informações é necessário fazer a observação com o auxílio de algum recurso instrumental, como por exemplo, as fotografias estroboscópicas. Segundo Dias *et al.* (2009), atualmente existem técnicas simples de produzi-las com custo muito reduzido.

Os trabalhos de Sismanoglu *et al.* (2009), Magalhães *et al.* (2002) e Corveloni (2009), mostram alternativas, tanto de produção como de aplicação, da fotografia estroboscópica no desenvolvimento da cinemática. A grande vantagem dessa estratégia de ensino é a simplicidade, porque com apenas uma imagem e uma régua graduada é possível coletar dados confiáveis de posição e tempo para assim construir e analisar gráficos, interpretar equações e definir grandezas físicas secundárias como velocidade e aceleração. Essa metodologia permite que os alunos participem ativamente do processo ensino-aprendizagem.

Outra característica dessa estratégia de ensino é o baixo custo da produção da fotografia estroboscópica digital. Necessita-se apenas de um computador, do software

livre adequado e de pequenos vídeos, que podem ser realizados pelo professor ou pelo aluno. É desnecessário ao aluno aprender a produzir essas fotografias, pois isso requer tempo e não contribui para a aprendizagem das noções da física, todavia é pertinente ao aluno entender o processo de produção.

3.1.1. Descrição do método de produção da fotografia estroboscópica digital

O estroboscópio foi amplamente utilizado em passado recente para medir grandezas físicas (posição e instante de tempo) do movimento com intervalos curtos de tempo em várias aplicações no ensino da Física. Dias *et al.* (2009) fazem uma retrospectiva da utilização dessa tecnologia e descrevem exemplos conhecidos. São as aplicações na cinemática e no estudo de colisões. Nesses casos, as fotografias revelam aspectos qualitativos do movimento dos corpos, ou de um sistema de corpos que podem ser utilizadas para estudos quantitativos. Contudo, há dificuldades técnicas e econômicas que impediram a popularização dessa técnica no ensino, pois requer o uso de câmeras fotográficas para filme ou câmeras Polaroid, uma fonte de luz estroboscópica e uma sala escurecida. Cada um desses itens apresenta dificuldades e/ou custos relativamente altos. Num trabalho recente, Rosa *et al.* (2004), propõem uma solução para a construção de uma lâmpada estroboscópica. Mas, a solução ali apresentada pode oferecer dificuldade de execução para os professores. A seguir discute-se uma solução para a obtenção de fotografias estroboscópicas de qualquer movimento.

O método alternativo e mais simples de produção da fotografia estroboscópica de um corpo em movimento necessita de uma máquina fotográfica digital amadora que tenha recurso para filmar vídeos de curta duração (alguns segundos) e transformá-los numa imagem estroboscópica com ajuda de dois programas, de livre acesso, no computador: *VirtualDub*¹ e *ImageJ*². A maioria das câmeras fotográficas digitais atuais tem esse recurso, diferindo apenas quanto à sua capacidade de gravação. Com a câmera no modo vídeo filma-se o sistema de movimento desejado. Após a gravação, o vídeo é transferido para o computador e trabalhado através dos dois programas acima mencionados.

¹ Disponível em: <<http://www.virtualdub.org/index>>. Acessado em: jan. 2008.

² Disponível em: <<http://rsb.info.nih.gov/ij/>>. Acessado em: jan. 2008.

O vídeo digital é constituído de uma sequência de fotos (fotogramas) digitais feitas em intervalos de tempo fixo. O padrão utilizado na maioria das câmeras atuais é de 15, 25 ou 30 fotogramas por segundo. Com o *VirtualDub*, pode-se selecionar o trecho desejado e decompor a sequência em fotogramas individuais, onde cada um destes revela uma cena do movimento com o respectivo instante de tempo – considerando o filme como um todo – e o seu conjunto fica ordenado temporalmente. Por sua vez, o *ImageJ* permite superpor todas os fotogramas numa única foto, obtendo-se uma autêntica fotografia estroboscópica digital do movimento.

3.1.2. O passo a passo para produção da fotografia estroboscópica digital

O método de produção é apresentado através de um exemplo prático cujo objetivo é obter uma fotografia estroboscópica digital do movimento de uma esfera. No exemplo apresentado, utiliza-se uma bolinha preta de plástico (massa = 22 g e diâmetro = 30 mm) e uma canaleta por onde a bolinha se movimenta, nessa canaleta existem marcas igualmente espaçadas com 10 cm de distância para serem usadas como referência de medida entre as dimensões da fotografia e do ambiente real. A câmera é fixada sobre um tripé.

Câmera e tripé são posicionados a dois metros de distância de uma parede clara que serve de fundo. Faz-se o enquadramento prévio do cenário e inicia-se a filmagem. No cenário, a esfera é abandonada a partir do repouso do alto da canaleta (figura 2). Toda a gravação não ultrapassa os 30 segundos de duração, apesar de o acionamento da câmera e o lançamento da bola serem feitos pelo próprio experimentador.

O arquivo com o vídeo é transferido da câmera para o PC. O primeiro tratamento consiste em selecionar no vídeo o trecho específico do movimento da bola e em seguida sua decomposição em fotogramas individuais. Usa-se, para isto, o programa *VirtualDub*. No exemplo tratado, são obtidos 27 fotogramas para todo trecho escolhido. A configuração da máquina utilizada filma 25 fotogramas por segundo, logo o intervalo de tempo entre dois fotogramas sucessivos é de $1/25$ s e o tempo total do movimento é $\Delta t = 27 \times (1/25) \text{ s} = 1,08 \text{ s}$.

A segunda etapa consiste em superpor os 27 fotogramas selecionados em uma única foto, o que é feito com o programa *ImageJ*, cujo resultado é apresentado na figura 10.

A seguir é descrito um procedimento passo a passo para produção da fotografia estroboscópica digital.

Primeiro Passo

Baixe o arquivo de vídeo para o PC. Crie uma pasta com o nome VIDEO (figura 3) e coloque o arquivo dentro dela. Há vários formatos de vídeos digitais produzidos por câmeras digitais. Os mais comuns são o AVI, o MPEG e o MOV (esse formato não funciona no *VirtualDub*). O *VirtualDub* não importa todos os formatos, tornando necessário a conversão. Uma solução para contornar essa limitação é utilizar um programa de conversão de formatos. O *Any Vídeo Converter*³, programa gratuito disponível para *download*, faz a conversão para o formato MPEG-I (aceito pelo *VirtualDub*).

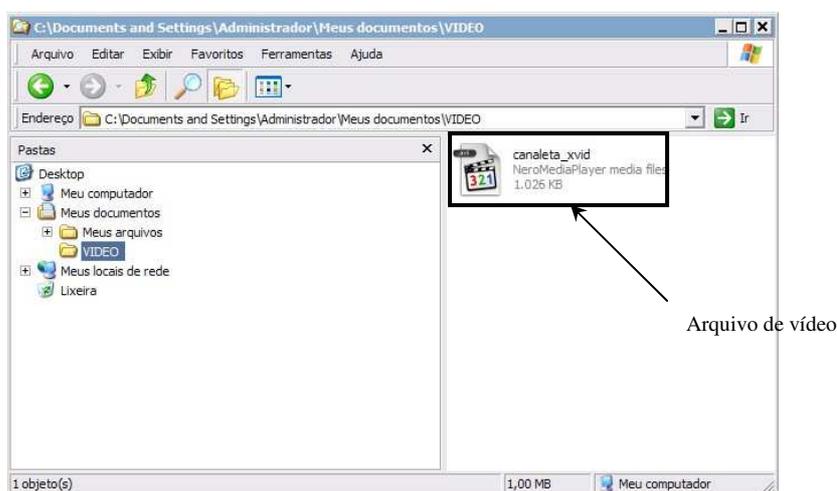


Figura 3: O arquivo canaleta_xvid foi baixado da máquina fotográfica para uma pasta.

³ Disponível em: <<http://www.any-video-converter.com>>. Acesso em: 13 jan. 2008.

Segundo Passo

Execute o programa *VirtualDub*. Na barra de funções tecele FILE e em seguida OPEN VIDEO FILE. Indique o diretório criado (pasta VIDEO) onde se encontra o vídeo a ser trabalhado. Abra o arquivo de vídeo (figura 4).

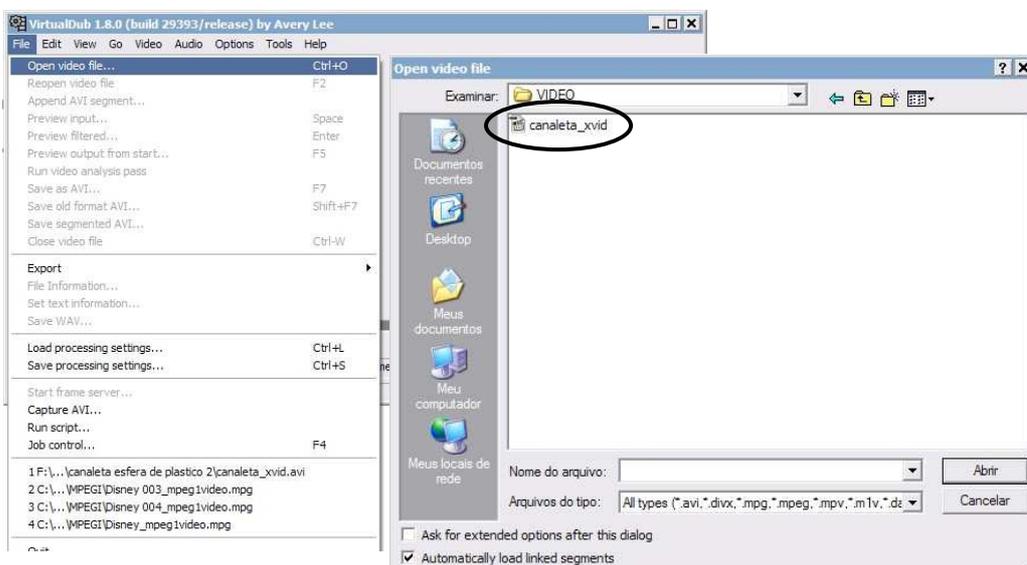


Figura 4: Janela do programa *VirtualDub* para abrir o arquivo de vídeo.

Terceiro Passo

Observe a linha de tempo na parte inferior da tela do programa (figura 5). Ela mostra uma sequência numerada para os fotogramas. O número total de fotogramas (*frame*⁴) que compõem o vídeo está indicado no final da sequência. Logo abaixo da linha de tempo, observe a barra de botões indicada pelas setas. Com os botões é possível rodar o vídeo, parar e saltar quadro a quadro.

Um pequeno cursor sobre a linha de tempo pode ser movimentado com auxílio do mouse. Movimentando o cursor com o mouse é possível encontrar o fotograma que marca o início da sequência do movimento de interesse. Estacione o cursor sobre este fotograma e marque esta posição acionando com o mouse o penúltimo botão da esquerda para direita. Em seguida, movimente o cursor para localizar o último fotograma da sequência de movimento. Marque esta posição, acionando com o mouse o último botão. Uma tarja colorida passa a indicar a sequência selecionada.

⁴ FRAME é a nomenclatura do fotograma usada pelo *software*.

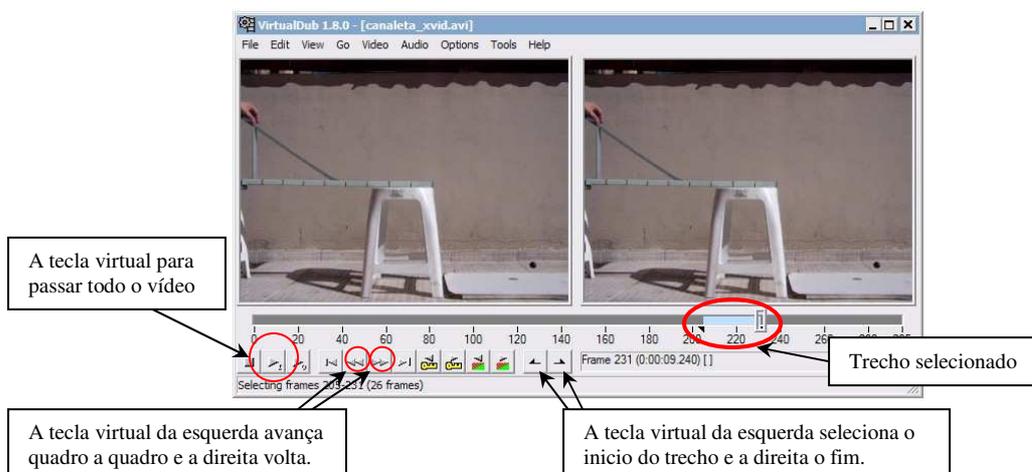


Figura 5: Janela para seleção do trecho do vídeo.

Quarto Passo

Crie uma nova pasta SEQUENCIA e envie a sequência de fotogramas para ela. Na barra de funções, teclie FILE (figura 6), em seguida a opção EXPORT e por fim IMAGE SEQUENCE. Uma pequena caixa de diálogo será aberta <IMAGE OUTPUT FILTER: FILENAME FORMAT>. Preencha no espaço FILENAME, o nome que deseja dar aos arquivos dos fotogramas (no exemplo é canaleta); no item FILENAME SUFFIX, INCLUDING a opção “default” é .JPEG, a qual deve ser mantida; no item DIRECTORY TO HOLD indique o diretório de trabalho escolhido (SEQUENCIA). Acione a tecla <OK> para finalizar.

Verifique no diretório de trabalho (SEQUENCIA) se a sequência de fotogramas, em formato JPEG, foi criada. Cada fotograma tem o FILENAME selecionado no item anterior acrescido de uma numeração com quatro dígitos (canaleta0000). Cada fotograma é agora uma fotografia digital que pode ser visualizada e manuseada em seu computador.

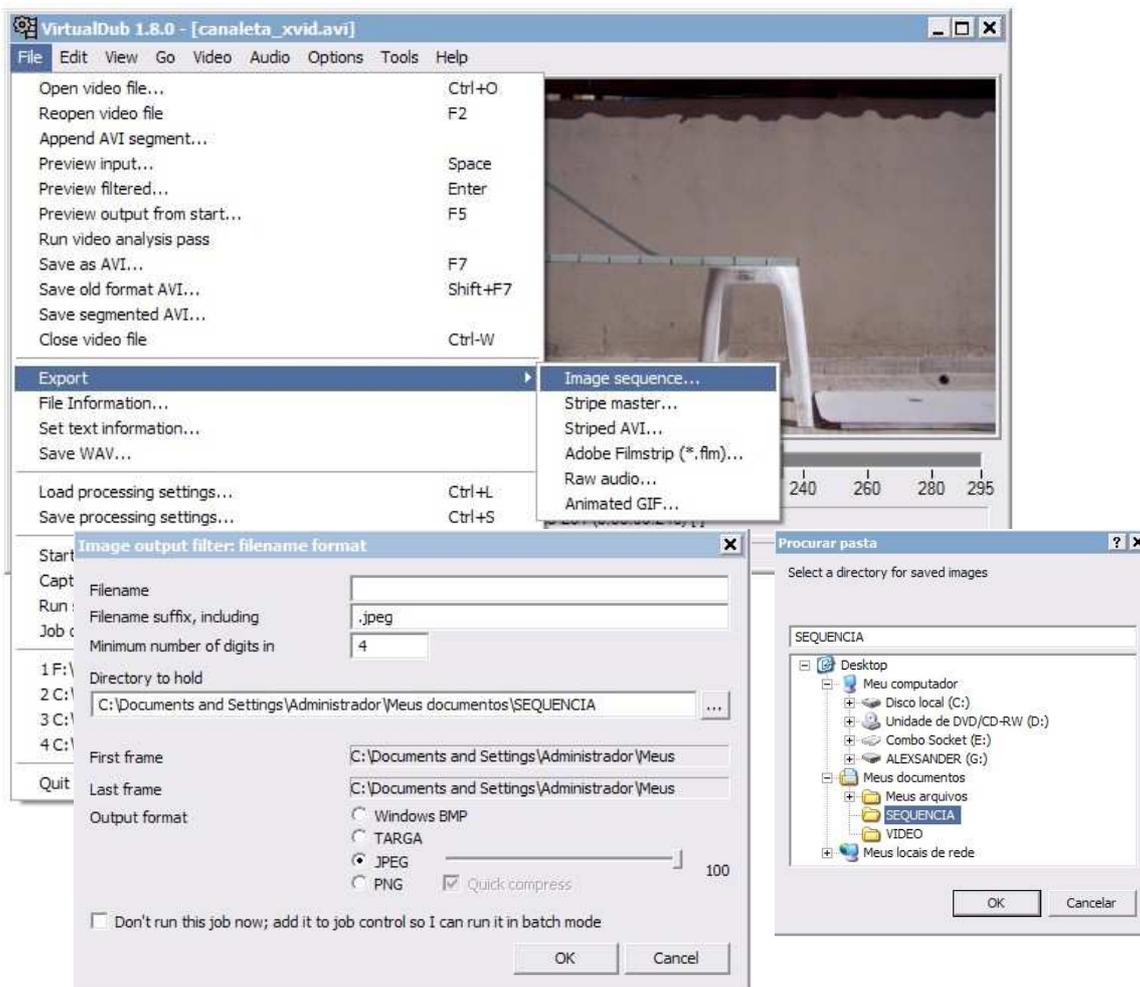


Figura 6: Tela para exportar os fotogramas para uma pasta.

Quinto Passo

Para obter a fotografia estroboscópica a partir da sequência de fotogramas, acione o programa *ImageJ*. Com a janela do programa aberta, acione a tecla FILE na barra de funções (figura 7), em seguida IMPORT e finalmente, IMAGE SEQUENCE. Uma caixa de diálogo será aberta. Indique o diretório de trabalho SEQUENCIA onde se encontra a sequência de fotogramas. Com o mouse, selecione o primeiro arquivo da sequência de fotogramas e em seguida a tecla <OK> para finalizar.

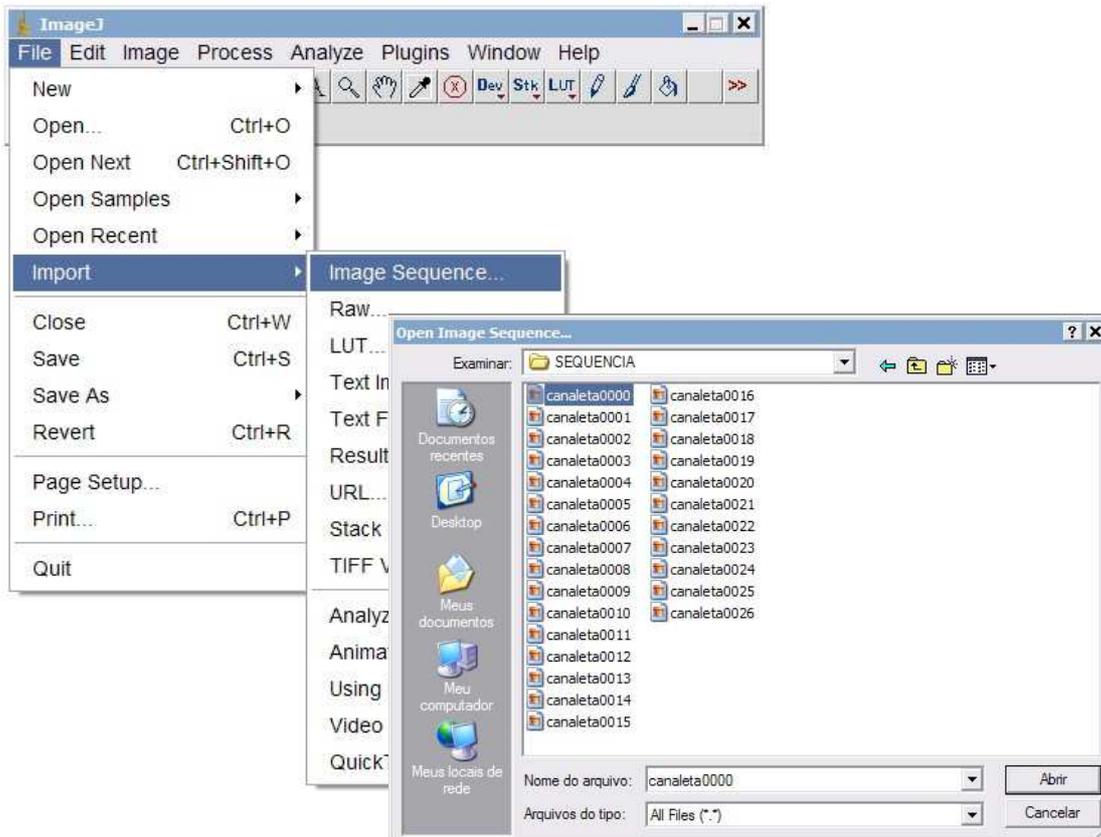


Figura 7: Nessa Janela <Open Image Sequence> só precisa selecionar o primeiro fotograma.

Sexto passo

A caixa de diálogo SEQUENCE OPTIONS será aberta (figura 8). O programa automaticamente identifica a sequência e faz a contagem de fotogramas. Ainda nesta caixa de diálogo pode-se optar por converter os fotogramas coloridos em fotogramas preto e branco (tons de cinza). Neste caso, escolha a opção CONVERT TO RGB. Selecione os campos correspondentes a SORT NAMES NUMERICALLY e USE VIRTUAL STACK. Acione a tecla <OK> para finalizar. A janela do *ImageJ* passa a mostrar o primeiro fotograma da sequência.

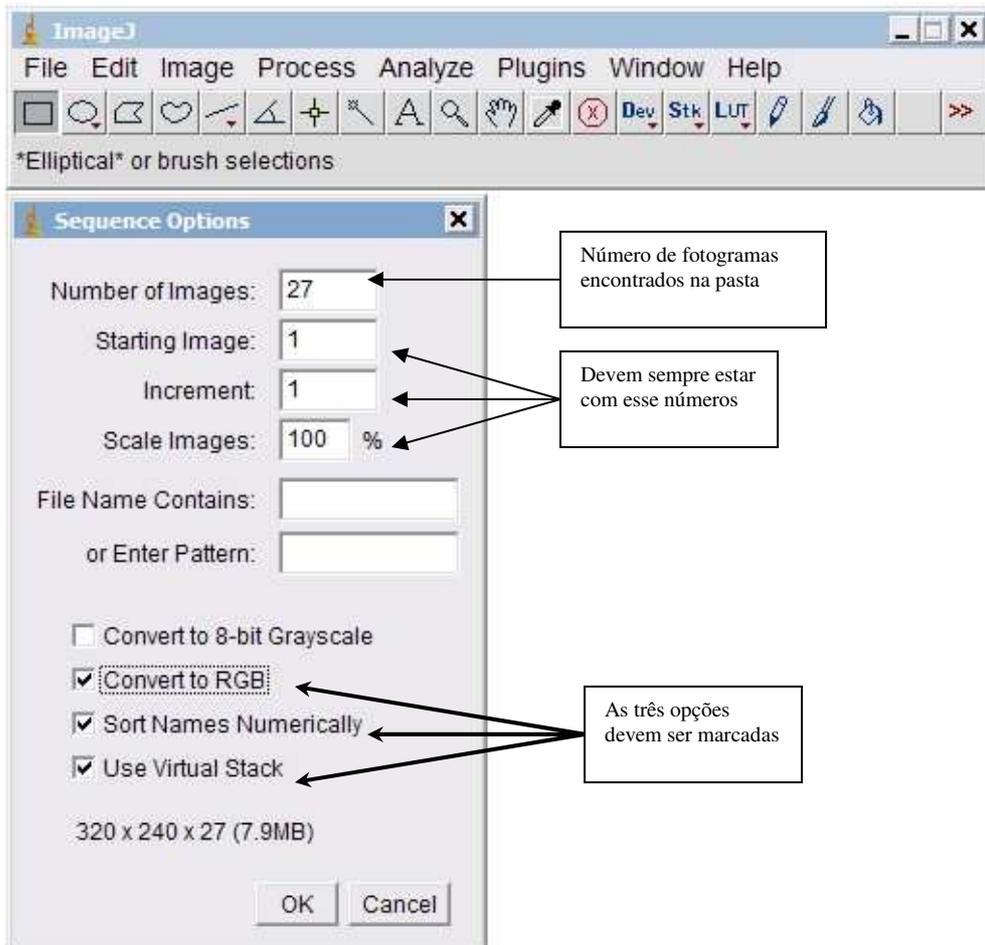


Figura 8: Preenchimento padrão para essa janela <Sequence Options>

Sétimo Passo

Para se obter a superposição de todos os fotogramas acione a tecla IMAGE na barra de funções, em seguida acione a tecla STACK (empilhar) e em seguida selecione a opção Z PROJECT. Uma caixa de diálogo será aberta indicando o número do primeiro e do último fotograma da sequência (figura 9). Será necessário escolher o tipo de projeção (PROJECTION TYPE). As duas opções básicas são por MIN INTENSITY (mínima intensidade) ou por MAX INTENSITY (máxima intensidade). Se o objeto em movimento for escuro em relação ao fundo, deve-se optar por MIN INTENSITY. Selecione MIN INTENSITY. Acione a tecla <OK> para finalizar. O painel do *ImageJ* passa a exibir a fotografia estroboscópica digital (figura 10).

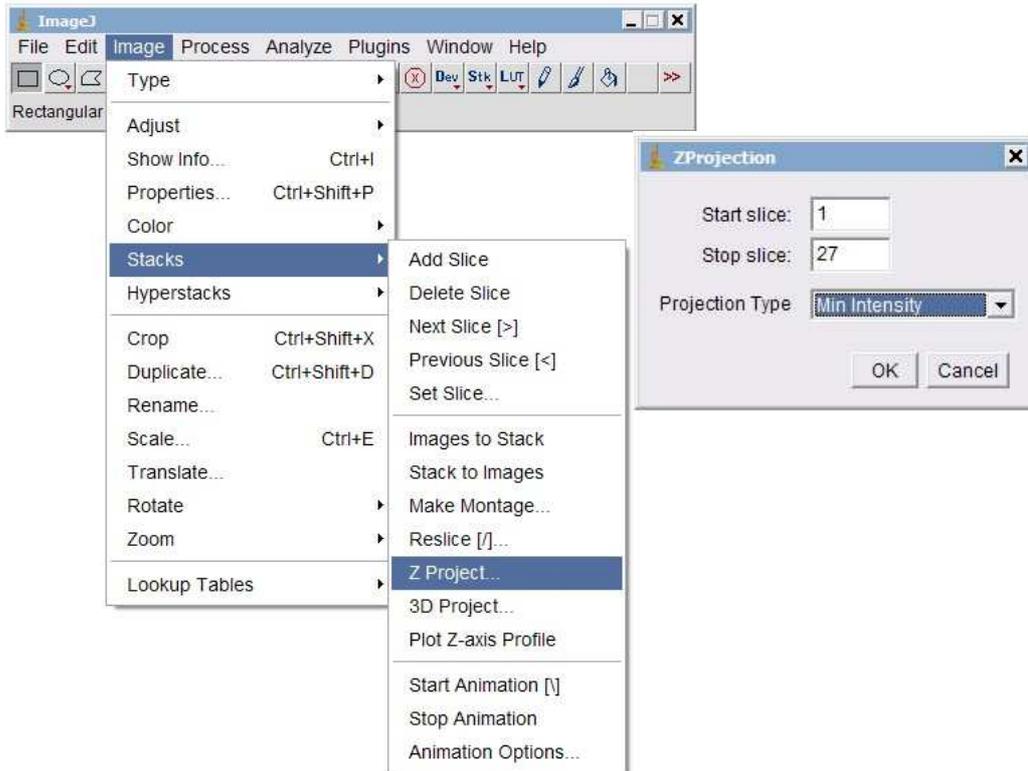


Figura 9: Janela para criar a fotografia estroboscópica digital.



Figura 10: Fotografia estroboscópica digital obtida na exposição direta ao Sol.

Para obter uma boa definição na fotografia é preciso ter contraste de cores no cenário. Assim, utilize objetos escuros movimentando-os em frente de anteparos claros sob iluminação solar direta, ou seja, dê preferência para realizar a filmagem em ambientes externos, em dias ensolarados.

4. Atividades propostas

A seguir são descritas as atividades que foram desenvolvidas utilizando elementos que fazem parte do dia-a-dia da maioria dos alunos.

O desenvolvimento cognitivo do aluno ocorre tanto através da convivência escolar com professores e colegas, como pela utilização de instrumentos que auxiliam nas representações simbólicas necessárias para construção desse conhecimento. Nas atividades propostas, os instrumentos concretos são fotografias estroboscópicas digitais e régua milimetrada, que auxiliam diretamente o aluno na realização de tarefas, que permitem construir o significado das definições operacionais dos conceitos a partir da compreensão do fenômeno apresentado. A simbologia é a linguagem necessária para que os alunos possam compreender e generalizar os fenômenos estudados no programa da física.

PARTE A: MOVIMENTO RETILÍNEO COM VELOCIDADE CONSTANTE

A forma mais simples de movimento é o movimento realizado ao longo de uma trajetória em linha reta com velocidade constante – o movimento retilíneo uniforme. Por isso, é utilizado para desenvolver os conteúdos iniciais da cinemática de forma gradual para que o aluno:

- reconheça as informações, as ideias e os conceitos relacionados às grandezas físicas;
- compreenda os conceitos físicos, utilize as representações simbólicas das grandezas físicas junto com os correspondentes conceitos operacionais e definições;
- classifique e analise os dados coletados através de tabelas, gráficos e equações matemáticas.

ATIVIDADE I: DEFINIÇÃO OPERACIONAL DO CONCEITO DE ESPAÇO

Orientações para o professor

Nesta atividade o aluno desenvolverá as os conceitos operacionais e as respectivas representações simbólicas das grandezas físicas posição (s), deslocamento

(Δs), trajetória e distância percorrida através da utilização de um exemplo prático de uma pessoa que se desloca entre dois endereços. Para isso usa-se um mapa da região da cidade do Rio de Janeiro. É importante nesse momento que o aluno reconheça que o deslocamento é único e pode ser positivo ou negativo, ou seja, $s_f - s_0$ é positivo e $s_0 - s_f$ é negativo.

Atualmente existem recursos tecnológicos capazes de fornecer a localização de um objeto sobre a superfície terrestre tais como: GPS, GoogleMaps, GoogleEarth. O programa GoogleMaps foi escolhido como recurso didático porque ele é um aplicativo de livre acesso e muito utilizado.

Esta é uma atividade de familiarização da estratégia de trabalhar em grupo, por isso nesta atividade não é utilizada a fotografia estroboscópica digital, optou-se pela utilização de outros recursos.

Objetivos

- § Aprender a fazer medidas com uma régua graduada;
- § realizar transformações da escala métrica de um mapa para as medidas reais;
- § compreender os conceitos operacionais: origem, posição, deslocamento, trajetória e distância percorrida;
- § expressar de forma simbólica as grandezas físicas;
- § aplicar de forma concreta as grandezas físicas fundamentais: origem, posição, deslocamento, trajetória e distância percorrida.

Questões

- a. Explique como diferenciar os conceitos de deslocamento e trajetória?
- b. É possível realizar mais de um deslocamento entre s_0 e s_f ?
- Sim Não
- c. Expresse com suas palavras como diferenciar o deslocamento de s_0 até s_f do deslocamento de s_f até s_0 ?

ATIVIDADE II: DEFINIÇÃO OPERACIONAL DO CONCEITO DE TEMPO

Orientações para o professor

O aluno utiliza a fotografia estroboscópica digital do movimento da esfera numa canaleta horizontal para calcular a duração do intervalo de tempo entre duas posições consecutivas. Com esse valor, o aluno realiza tarefas para desenvolver os conceitos operacionais de instante de tempo e intervalo de tempo e as respectivas representações simbólicas. Espera-se que o aluno compreenda a ideia de instante de tempo como sendo a leitura do relógio (cronômetro) que se move junto com a esfera ou que foi “disparado” a partir do início do movimento.

O professor deve instruir os alunos sobre a obtenção de dados a partir da leitura da fotografia estroboscópica digital antes do início da atividade, ou seja, pode-se considerar que a fotografia tem seu próprio relógio, onde cada posição da esfera está associada ao instante de tempo determinado pela frequência de filmagem mostrada na própria figura.

Objetivos

- § Compreender os conceitos operacionais de instante de tempo e intervalo de tempo.
- § Aplicar os conceitos operacionais de instante de tempo e intervalo de tempo.

ROTEIRO II: DEFINIÇÃO OPERACIONAL DO CONCEITO DE TEMPO

Material utilizado

Fotografia estroboscópica digital de uma esfera em movimento.

Instruções e tarefas

Utilize a fotografia estroboscópica digital da figura 1 para responder às questões. Indique a unidade de medida que você está utilizando. Essa fotografia mostra a mesma esfera em posições sucessivas, considerando o início do movimento em $t_0 = 0$ e o final em t_f . A câmera utilizada para filmar grava com frequência de 25 fotogramas por segundo.



Figura 1: Fotografia estroboscópica digital de uma esfera que se move sobre uma canaleta horizontal. Frequência de filmagem: 25 fotogramas por segundo.

- Determine o intervalo de tempo entre as setas 1 e 2.
- Qual é a leitura do instante de tempo da esfera quando ela se encontra na posição indicada pela seta 3?
- Determine a duração do intervalo de tempo entre as posições indicada pelas setas 2 e 3.

Questões

- Como se comportam os intervalos de tempo entre posições sucessivas da esfera mostrada na figura 1?
- Uma torneira mal fechada goteja com uma frequência constante. Como você mediria o tempo entre uma gota e outra?

- c. Como você poderia calcular a perda de água se a torneira ficar mal fechada durante duas horas? Considere a frequência de gotejamento igual a duas gotas por segundo e que cada gota tem o volume igual a 5 mm^3 .

ATIVIDADE III: DEFINIÇÃO OPERACIONAL DO CONCEITO DE MOVIMENTO

Orientações para o professor

Nesta atividade o aluno verifica que, para estudar um movimento é necessário adotar um sistema de coordenadas para saber onde está o corpo (posição) e que essa informação depende de uma origem escolhida arbitrariamente. Espera-se que o aluno compreenda que estudar um movimento é comparar uma posição com uma nova posição em relação à mesma origem em função do tempo.

O conceito operacional de rapidez é introduzido nesse momento, pois acredita-se que ele facilita a interpretação do conceito de movimento. A rapidez informa em que taxa ocorre a mudança na posição do corpo em função do tempo $\left(\frac{\Delta s}{\Delta t}\right)$, essa taxa tem sempre valores positivos. Assim que esse conceito operacional estiver compreendido, o aluno estará pronto para aprender sobre velocidade escalar.

Objetivos

- § Compreender o conceito operacional de rapidez.
- § Aplicar a representação simbólica das grandezas físicas: posição e deslocamento.
- § Aplicar os conceitos de: origem, posição, deslocamento e trajetória.

ROTEIRO III: DEFINIÇÃO OPERACIONAL DO CONCEITO DE MOVIMENTO

Material utilizado

Régua milimetrada de 30 cm.

Fotografia estroboscópica digital da esfera numa canaleta horizontal.

Instruções e tarefas

O aluno escolhe entre o modo 1 ou o modo 2 para medir a distância entre duas posições e utiliza esse método durante a coleta de dados. Esse método é mais preciso para medir em comparação com a distância entre centros. A figura 1 mostra quais são esses modos.

A leitura da posição da esfera deve ser feita até o milímetro.

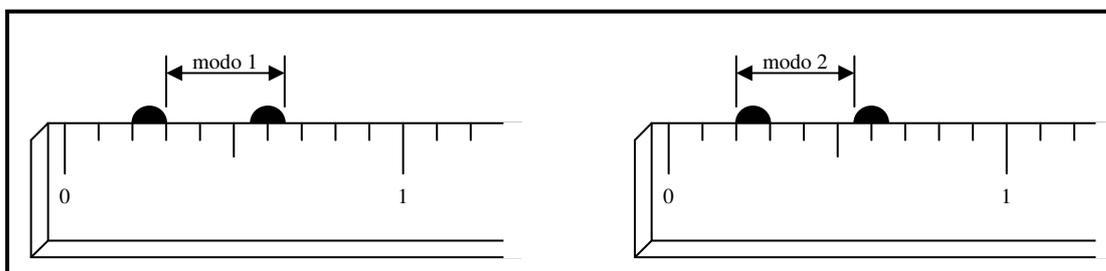


Figura 1: Escolha do ponto onde mede.

A fotografia estroboscópica digital da figura 2 foi produzida com uma frequência de 25 fotogramas por segundo.

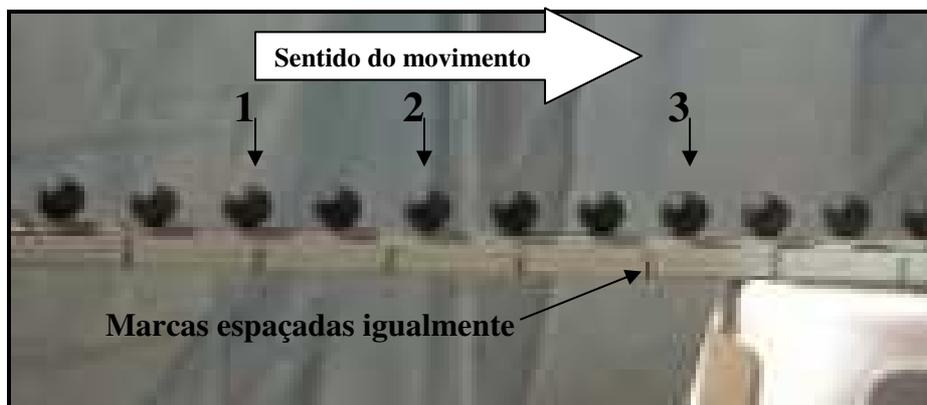


Figura 2: Fotografia estroboscópica digital de uma esfera que se move sobre uma canaleta horizontal.
Frequência de filmagem: 25 fotogramas por segundo.

- Escolha uma origem arbitrária e identifique-a na figura 2.
- Meça os seguintes deslocamentos da esfera usando uma régua milimetrada:

Entre a origem e a seta 2: _____

Entre a origem e a seta 3: _____

c. Calcule a rapidez da esfera durante os seguintes deslocamentos:

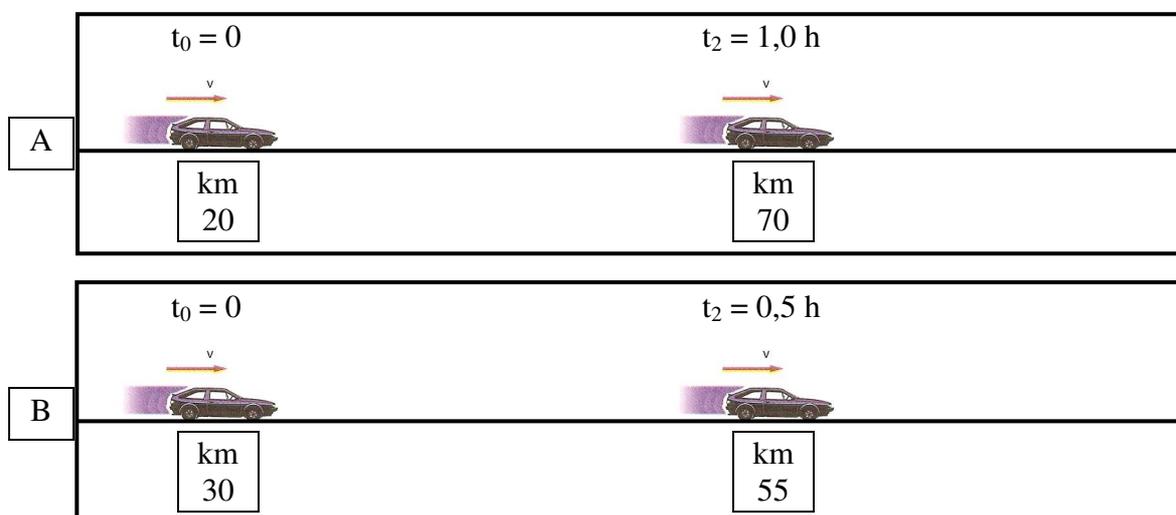
Entre a origem e a seta 2: _____

Entre a origem e a seta 3: _____

Questões

a. Na canaleta por onde a esfera se movimenta há marcas que estão espaçadas a 10 cm uma da outra. Calcule o deslocamento real da esfera entre as posições 1 e 3 da figura 2.

b. As figuras abaixo (A e B) representam dois testes realizados pelo mesmo carro para verificar a sua rapidez. Em qual deles o carro foi mais rápido? Justifique.



c. Qual é a diferença entre os conceitos de rapidez e velocidade?

d. Quando um carro percorre uma estrada com velocidade constante, ele terá rapidez constante?

ATIVIDADE IV: VERIFICAÇÃO DO VALOR ABSOLUTO DO DESLOCAMENTO DE UM CORPO

Orientações para o professor

Nesta atividade o aluno verificará que o valor da medida do deslocamento percorrido pelo corpo independe da posição da régua.

Objetivo

- § Verificar o efeito do posicionamento da régua na medida da posição e do deslocamento.
- § Compreender que o valor do deslocamento independe da posição em que é colocada a régua

ROTEIRO IV: VERIFICAÇÃO DO VALOR ABSOLUTO DO DESLOCAMENTO DE UM CORPO

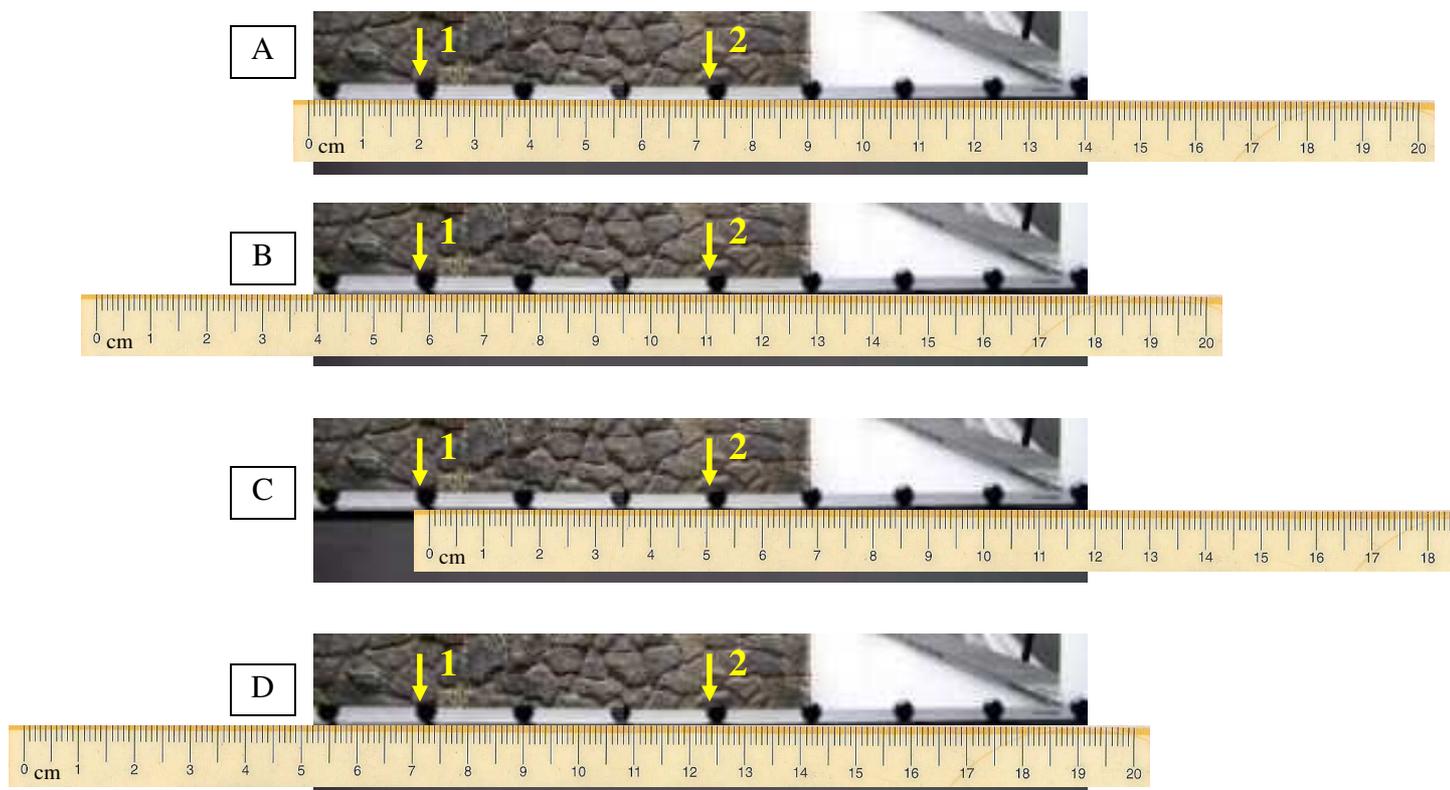
Material utilizado

Uma fotografia estroboscópica digital.

Instruções e tarefas

Utilize as imagens das figuras A, B, C e D para cumprir as tarefas propostas.

Indique a unidade de medida utilizada.



- Registre a medida da posição da esfera indicada pelas setas 1 e 2 de cada uma das figuras (A, B, C e D) na Tabela 1 utilizando a régua colocada sobre a fotografia.
- Registre a medida do deslocamento da esfera entre as posições indicadas pelas setas 1 e 2 para cada figura (A, B, C e D) na Tabela 1 utilizando a régua colocada sobre a fotografia.

Tabela 1: Valores das posições e dos deslocamentos referentes as setas 1 e 2.

	Figura A	Figura B	Figura C	Figura D
Posição 1				
Posição 2				
Deslocamento				

Questões

- Compare os valores registrados na Tabela 1 das posições da esfera indicados pelas setas 1 e 2.
- Qual o efeito do posicionamento da régua no resultado obtido na Tabela 1 para os valores da posição?
- O valor da medida dos deslocamentos da esfera entre as setas 1 e 2 registradas na Tabela 1 depende da posição em que a régua é posicionada?

ATIVIDADE V: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MOVIMENTO DE UM CORPO

Orientações para o professor

O aluno já sabe que a rapidez representa a taxa de mudança na posição do objeto e tem sempre valores positivos. Esse conceito tem limitações, por isso é necessário fazer sua complementação introduzindo o conceito operacional de velocidade escalar. O conceito de velocidade é apresentado, frequentemente, como um resultado de uma conta sem os passos sucessivos que levam a estabelecê-lo. Sabe-se que no ensino, no Brasil, é infrequente a introdução do conceito operacional de rapidez. É comumente usado o conceito operacional de velocidade ou velocidade escalar na cinemática escalar, por isso é pertinente fazer a substituição do nome rapidez por velocidade, mas somente quando o conceito for compreendido.

Nesta atividade são realizadas medidas das posições sucessivas, a intervalos de tempo iguais, de uma esfera em movimento numa canaleta horizontal, obtidas a partir de uma fotografia estroboscópica digital. Esses dados devem ser registrados na Tabela 1 e em seguida devem ser preenchidas as colunas instante de tempo, intervalo de tempo, deslocamento e rapidez.

Essa tabela apresenta explicitamente em cada linha a forma simbólica para o cálculo das grandezas físicas. Isso se deve por se tratar da primeira tabela construída para registro dos dados e seu processamento, trata-se apenas de dar um reforço para que o aluno aprenda a utilizar corretamente esses dados e dar significado aos mesmos e as respectivas representações simbólicas. É importante frisar que não é necessário utilizar esse formato posteriormente.

A construção de gráficos representativos do movimento de um corpo é fundamental para a compreensão e interpretação da cinemática. Por isso o aluno deve saber organizar os dados num gráfico, escolher escalas adequadas para os eixos, identificar a unidade de medida das grandezas físicas, dar título representativo ao gráfico, traçar a melhor curva representativa dos dados e definir uma função ou equação que esteja de acordo com a curva traçada no gráfico.

É muito importante que os alunos saibam traçar gráficos corretamente e analisá-los. A figura 1 exemplifica um gráfico corretamente construído, mostrando o

cálculo das constantes do movimento: coeficiente angular (v) e coeficiente linear (s_0) que permitem escrever a equação horária do movimento representado.

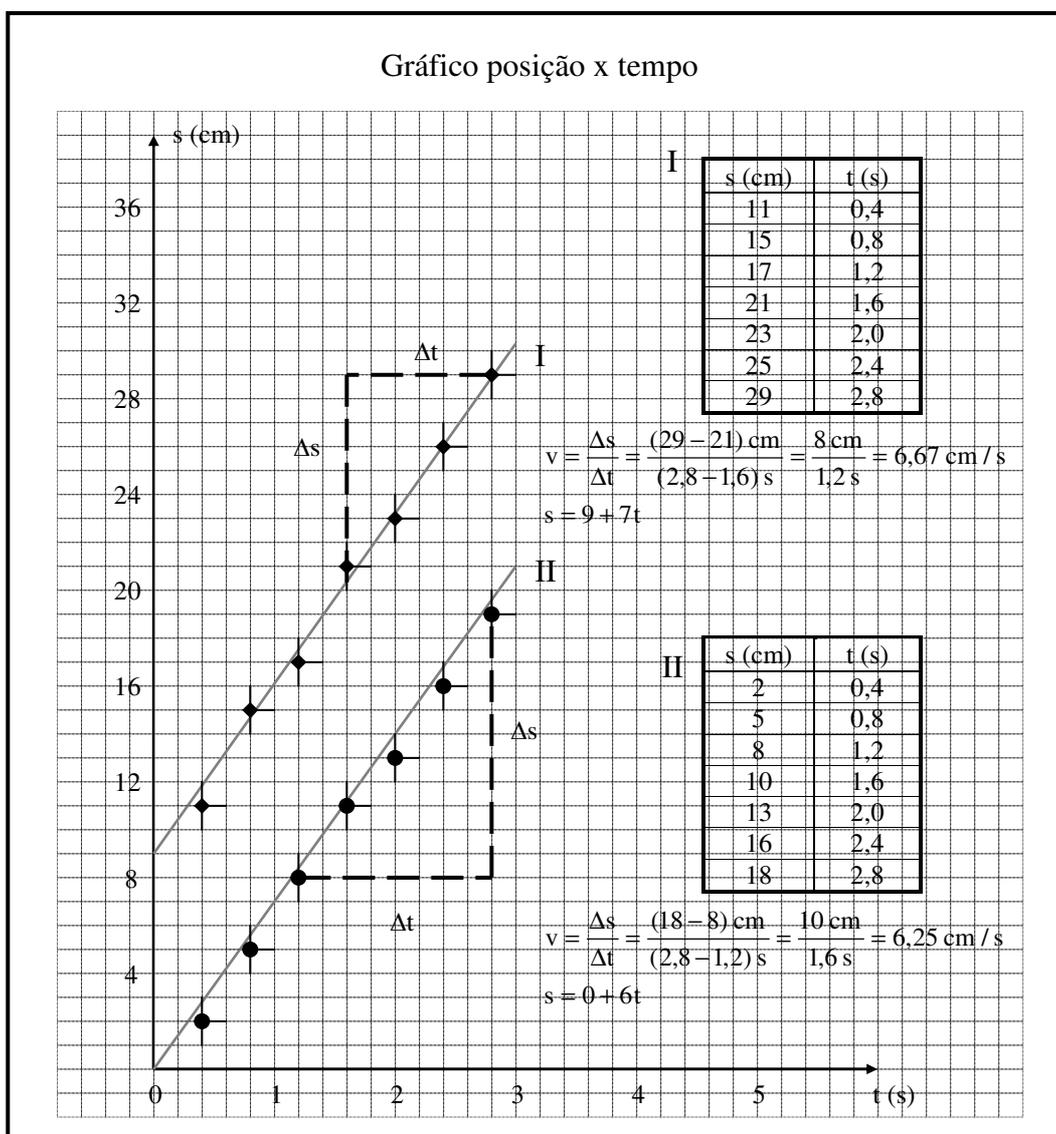


Figura 1: Gráfico *posição x tempo* do movimento de um corpo com velocidade constante

Objetivos

- § Aplicar os conceitos de: posição, instante de tempo, intervalo de tempo e rapidez.
- § Compreender o conceito de velocidade média ao longo do movimento.
- § Comparar quantitativamente rapidez com velocidade média.
- § Aplicar o conceito de velocidade média.
- § Identificar regularidades nos dados experimentais analisados.

§ Traçar os gráficos da posição e da velocidade de um corpo em função do tempo.

§ Analisar os gráficos.

§ Obter informações sobre o movimento a partir da leitura dos gráficos.

§ Definir as equações horárias do movimento.

ROTEIRO V: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MOVIMENTO DE UM CORPO

Material utilizado

Régua milimetrada de 30 cm.

Uma fotografia estroboscópica digital do movimento da esfera sobre a canaleta horizontal.

Instruções e tarefas

Utilize a fotografia da figura 1 para cumprir as tarefas e responder às questões propostas. Não esqueça de indicar as unidades de medida utilizadas.



Figura 1: Fotografia estroboscópica digital de uma esfera que se move sobre uma canaleta horizontal.
Frequência de filmagem: 25 fotogramas por segundo.

- A partir da origem s_0 mostrada na figura, meça cada posição da esfera e registre esses dados nas respectivas colunas da Tabela 1. Em seguida, complete as colunas correspondentes à instante de tempo, intervalo de tempo, deslocamento e rapidez.
- Compare os dados da coluna rapidez e verifique se eles estão aumentando, diminuindo ou permanecendo o mesmo.
- Calcule a rapidez do movimento da esfera entre a primeira (s_0) e a última posição (s_9). Compare o resultado com os valores da coluna rapidez.
- Calcule a velocidade média do movimento da esfera entre a primeira (s_0) e a última posição (s_9). Compare esse resultado com os valores encontrados na coluna rapidez.
- Quais são as informações que você utiliza para caracterizar o movimento?

- f. Construa os gráficos *posição x tempo* e *velocidade x tempo* com os dados da Tabela 1, seguindo as orientações abaixo:
- Escolha uma escala conveniente e organize os dados da posição no eixo vertical e os instantes de tempo no eixo horizontal.
 - Identifique os eixos com o respectivo nome ou símbolo da grandeza física e a correspondente unidade de medida.
 - Marque os pontos correspondentes aos dados (instante de tempo, posição) no gráfico.
 - Dê um título ao gráfico.

Tabela 1: Dados sobre o movimento da esfera numa canaleta horizontal.

Posição (s)		Instante de Tempo (t)		Deslocamento (Δs)		Intervalo de tempo (Δt)		Rapidez = $\left(\frac{\Delta s}{\Delta t}\right)$	
s_0		t_0		X		X		X	
s_1		t_1		$\Delta s_1 = (s_1 - s_0)$		$\Delta t_1 = (t_1 - t_0)$		$\frac{\Delta s_1}{\Delta t_1}$	
s_2		t_2		$\Delta s_2 = (s_2 - s_1)$		$\Delta t_2 = (t_2 - t_1)$		$\frac{\Delta s_2}{\Delta t_2}$	
s_3		t_3		$\Delta s_3 = (s_3 - s_2)$		$\Delta t_3 = (t_3 - t_2)$		$\frac{\Delta s_3}{\Delta t_3}$	
s_4		t_4		$\Delta s_4 = (s_4 - s_3)$		$\Delta t_4 = (t_4 - t_3)$		$\frac{\Delta s_4}{\Delta t_4}$	
s_5		t_5		$\Delta s_5 = (s_5 - s_4)$		$\Delta t_5 = (t_5 - t_4)$		$\frac{\Delta s_5}{\Delta t_5}$	
s_6		t_6		$\Delta s_6 = (s_6 - s_5)$		$\Delta t_6 = (t_6 - t_5)$		$\frac{\Delta s_6}{\Delta t_6}$	
s_7		t_7		$\Delta s_7 = (s_7 - s_6)$		$\Delta t_7 = (t_7 - t_6)$		$\frac{\Delta s_7}{\Delta t_7}$	
s_8		t_8		$\Delta s_8 = (s_8 - s_7)$		$\Delta t_8 = (t_8 - t_7)$		$\frac{\Delta s_8}{\Delta t_8}$	
s_9		t_9		$\Delta s_9 = (s_9 - s_8)$		$\Delta t_9 = (t_9 - t_8)$		$\frac{\Delta s_9}{\Delta t_9}$	

Questões

- Como você utilizaria os gráficos *posição x tempo* e *velocidade x tempo* correspondente aos dados da Tabela 1 para classificar o movimento da esfera?

- b. Calcule a distância percorrida pela esfera a partir do gráfico da velocidade em função do tempo.
- c. Escreva a equação horária do movimento da esfera representado no gráfico *posição x tempo*. Explique seu raciocínio.
- d. O velocímetro de um carro que está entrando na cidade marca 50 km/h. Ele passa por um outro carro que está saindo da cidade a 50 km/h pela mesma rodovia.
- Ambos têm a mesma rapidez? Sim () Não () Explique:
- Têm a mesma velocidade? Sim () Não () Explique:
- e. Como se calcula a velocidade média de um carro com um movimento descrito na figura 2?

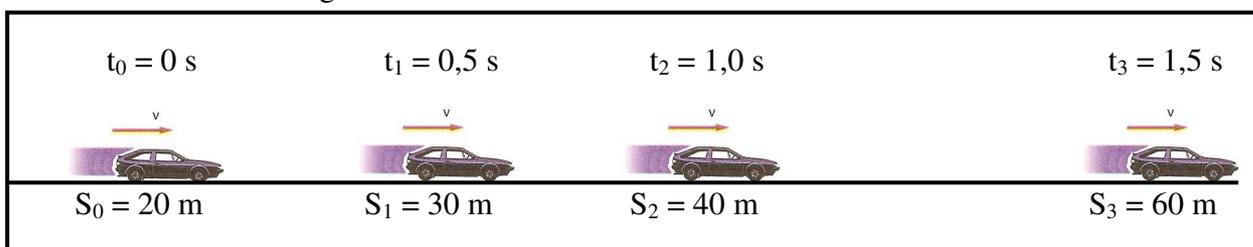


Figura 2: Posições sucessivas de um carro que se move por uma estrada.

- f. Quantos metros você julga que pode fazer andando durante 10 minutos? Mostre seu raciocínio e os dados que você usa para dar a resposta.
- g. Como você calcularia a extensão aproximada do circuito de Interlagos pilotando um carro com velocímetro e um relógio. Explique seu procedimento.
- h. A figura 3 mostra os gráficos *posição x tempo* de dois carros que se movem com velocidade constante. O gráfico 3a representa o movimento do carro A e o gráfico 3b do carro B. Qual deles tem maior velocidade? Qual é a diferença entre eles?

Gráfico posição x tempo

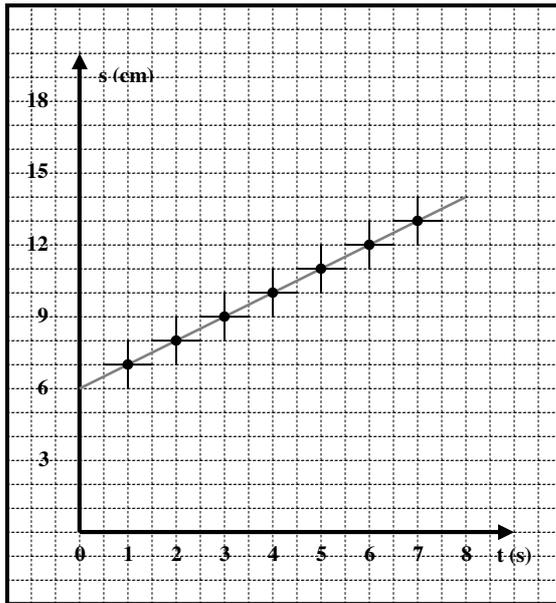


Figura 3a

Gráfico posição x tempo

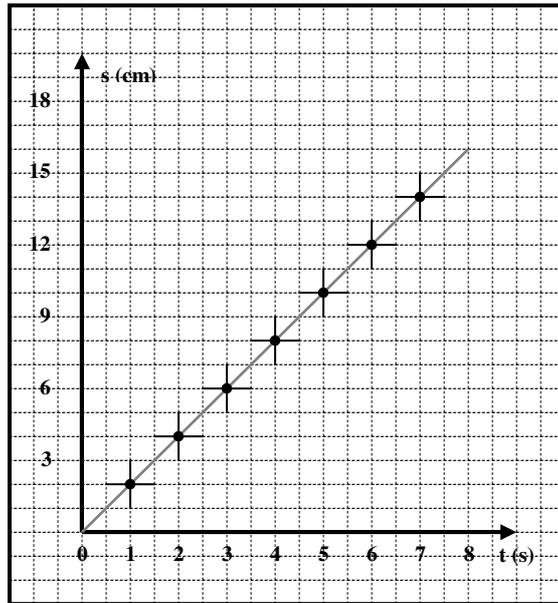
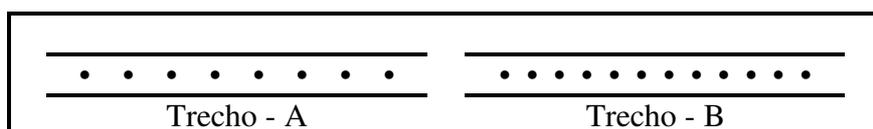


Figura 3b

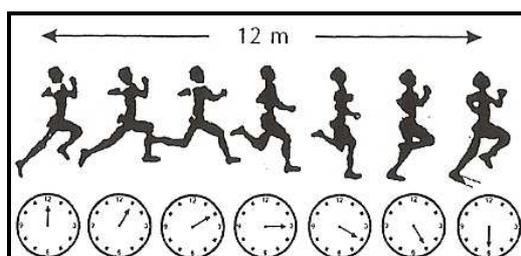
PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SOBRE O MOVIMENTO COM VELOCIDADE CONSTANTE

Os problemas a seguir deverão ser utilizados de acordo com a estratégia do professor como pré-teste ou como avaliação da aprendizagem dos alunos sobre os conceitos físicos tratados na PARTE A relacionados ao movimento retilíneo com velocidade constante.

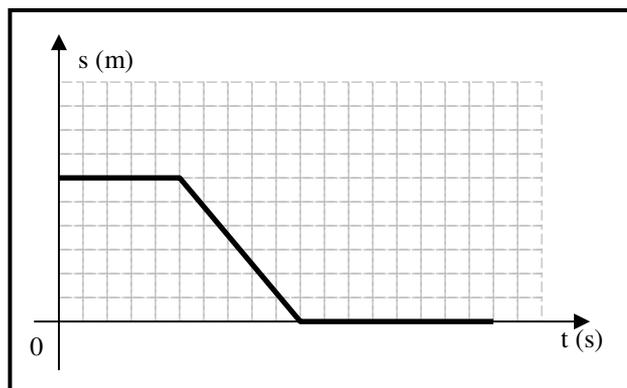
1. Explique o que é rapidez.
2. Qual a diferença entre rapidez e velocidade?
3. Descreva um teste que permita determinar qual é o menino da turma que corre mais rápido um trecho de 100 metros?
4. Em uma viagem de carro, você percebe que o velocímetro está quebrado, mas a estrada tem indicadores como marcos quilométricos e postes de iluminação a intervalos conhecidos. O que você faria para determinar a velocidade do seu carro? Explique o procedimento escolhido.
5. O motor de um carro perde óleo, gotejando com frequência constante. Depois de percorrer dois trechos de um percurso foram observadas as manchas ou marcas de óleo deixadas na estrada, como mostradas na figura. Que informações você usa para dizer qual é o trecho em que o carro andou com maior velocidade?



6. Sabe-se que a distância medida entre a primeira e a última marca é igual a 200 metros nos dois trechos e o óleo goteja à razão de uma gota a cada dois segundos. Calcule a rapidez do carro em cada trecho
7. Use as informações da figura abaixo do corredor para descrever aquelas que identificam o tipo de movimento.



8. Interprete o significado do gráfico abaixo.



9. Durante uma viagem de ida e volta por uma estrada, um passageiro sentado junto ao motorista registrou os seguintes instantes de tempo na passagem por marcos quilométricos da estrada.

Tempo h:min	10:05	10:25	10:40	10:50	11:00	11:10	11:25	11:40	11:50	12:05	12:15	12:30	13:15
Marco quilométrico	40	45	52	62	66	68	78	82	82	76	70	56	40

- Represente graficamente a posição ocupada pelo carro em função do tempo.
- Entre que marcos quilométricos o carro desenvolveu a maior rapidez?
- Qual foi a velocidade média no percurso de retorno?
- Qual foi a velocidade média entre os instantes 12:15 h e 12:30 h?
- Durante um trecho do trajeto de ida, o carro foi forçado a reduzir a velocidade para 12 km/h, quando encontrou um caminhão vagaroso na sua frente. Entre que marcos ocorreu isto?

PARTE B: MOVIMENTO RETILÍNEO COM ACELERAÇÃO CONSTANTE

As atividades anteriores foram planejadas com o objetivo de desenvolver os conceitos operacionais das grandezas fundamentais do movimento retilíneo uniforme. Nas atividades a seguir, estudaremos o movimento do corpo com velocidade variável. Os gráficos posição e velocidade em função do tempo são construídos com esses dados. Assim, o aluno desenvolverá um novo conceito operacional: *aceleração*, onde aplica seu conhecimento sobre representação gráfica numa nova situação na análise do movimento com aceleração constante.

ATIVIDADE VI: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE UM MOVIMENTO ACELERADO

Orientações para o professor

Nesta atividade são medidas as posições sucessivas de uma esfera em movimento a partir de uma fotografia estroboscópica digital. Esses dados são registrados na Tabela 1, assim como as informações referentes à instante de tempo, intervalo de tempo, deslocamento e velocidade média.

A seguir o aluno traça os gráficos *posição x tempo* e *velocidade x tempo* do movimento da esfera. Para traçar o gráfico da velocidade em função do tempo é preciso que o aluno compreenda o procedimento matemático necessário para fazer o tratamento dos dados da velocidade variável do corpo. Para tanto, o professor deverá justificá-lo através de uma demonstração geométrica simples: o Teorema de Merton⁵. Nesse teorema usa-se o valor médio entre a velocidade inicial e final do movimento com aceleração constante, que corresponde à velocidade média, considerando o movimento da esfera nesse curto intervalo de tempo como uniforme. A figura 1 ilustra a situação em que a linha paralela ao eixo do tempo representa um movimento com velocidade constante igual à velocidade média nesse intervalo comparado ao movimento quando a velocidade varia no mesmo intervalo de tempo. Observa-se que os dois triângulos I e II têm a mesma área.

⁵ O teorema dos Calculatores de Merton College, da Universidade de Oxford, foi escrito na primeira metade do século XIV. O teorema estabelece que *um objeto em movimento uniformemente acelerado percorre, ao fim de um determinado intervalo de tempo o mesmo espaço que seria percorrido se esse objeto se deslocasse com velocidade uniforme igual à sua velocidade média.*

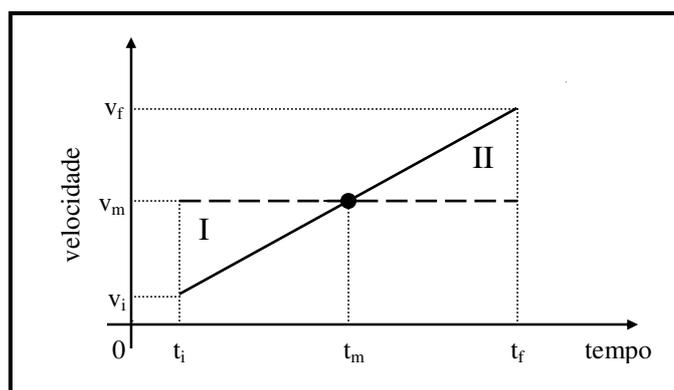


Figura 1: Gráfico da velocidade versus tempo do movimento de um corpo com aceleração constante com a indicação da velocidade média.

Esse teorema é útil no estudo do movimento com aceleração constante, porque com ele é possível considerar a aceleração como a variação das velocidades médias durante intervalos de tempo de curta duração. Na construção do gráfico da velocidade em função do tempo do movimento da esfera é necessário representar a velocidade no centro do intervalo de tempo correspondente (tempo médio – $t_{\text{médio}}$). Este procedimento deve ser explicitado para os alunos.

Objetivos

- § Compreender o conceito operacional de variação da velocidade média determinada para intervalos de espaço consecutivos para definir aceleração.
- § Traçar os gráficos da posição e da velocidade em função do tempo.
- § Analisar os gráficos.
- § Identificar regularidades nos dados apresentados nos gráficos.

ROTEIRO VI: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE UM MOVIMENTO ACELERADO

Materiais utilizados

Régua milimetrada de 30 cm.

Fotografia estroboscópica digital da esfera em movimento.

Instruções e tarefas

Utilize a figura 1 para cumprir as instruções. Indique a unidade de medida utilizada.

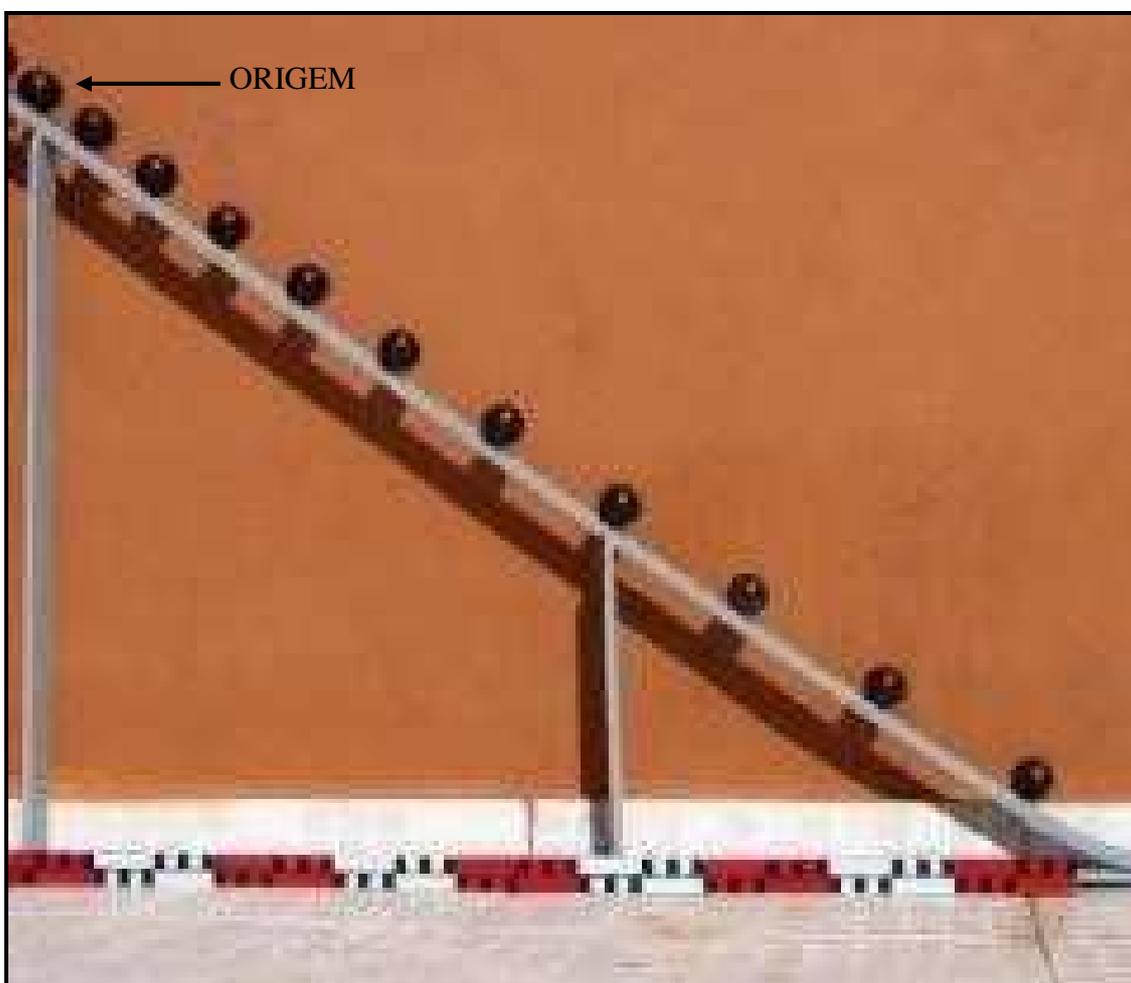


Figura 1: Fotografia estroboscópica de uma esfera que desce por uma canaleta inclinada.

- A partir da origem, meça as posições da esfera mostrada na figura 1 e registre na Tabela 1.

- b. Complete a Tabela 1 com os dados correspondentes a instante de tempo, intervalo de tempo, deslocamento e velocidade média.

Tabela 1: Dados do movimento da esfera

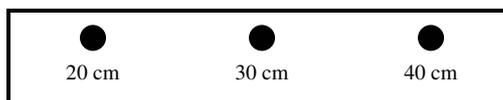
	s (cm)	t (s)	Δs (cm)	Δt (s)	$t_{\text{m\u00e9dio}}$ (s)	$\left(\frac{\Delta s}{\Delta t}\right)$ (cm/s)
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Nota: O $t_{\text{m\u00e9dio}}$ corresponde ao instante de tempo m\u00e9dio entre duas posi\u00e7\u00f5es sucessivas.

- Trace o gr\u00e1fico da posi\u00e7\u00e3o em fun\u00e7\u00e3o do tempo dos dados da Tabela 1.
- Escreva a equa\u00e7\u00e3o hor\u00e1ria que representa a fun\u00e7\u00e3o posi\u00e7\u00e3o em fun\u00e7\u00e3o do tempo do gr\u00e1fico dos dados da Tabela 1. Explique seu racioc\u00ednio.
- Trace o gr\u00e1fico da velocidade em fun\u00e7\u00e3o do tempo dos dados da Tabela 1.
- Escreva a equa\u00e7\u00e3o hor\u00e1ria que representa a fun\u00e7\u00e3o velocidade em fun\u00e7\u00e3o do tempo do gr\u00e1fico dos dados da Tabela 1. Explique o seu racioc\u00ednio.

Quest\u00f5es

- Compare os valores da coluna velocidade m\u00e9dia.
- Qual \u00e9 a acelera\u00e7\u00e3o de um carro de corrida que passa por voc\u00ea com rapidez constante de 350 km/h?
- Um carrinho que goteja \u00f3leo a cada segundo desceu uma rampa e deixou as marcas sobre ela. Calcule a acelera\u00e7\u00e3o



- A figura 1 mostra os gr\u00e1ficos *velocidade x tempo* de dois carros. O gr\u00e1fico 1a representa o movimento do carro A e o gr\u00e1fico 1b do carro B. Descreva as diferen\u00e7as entre os dois movimentos?

Gráfico velocidade x tempo

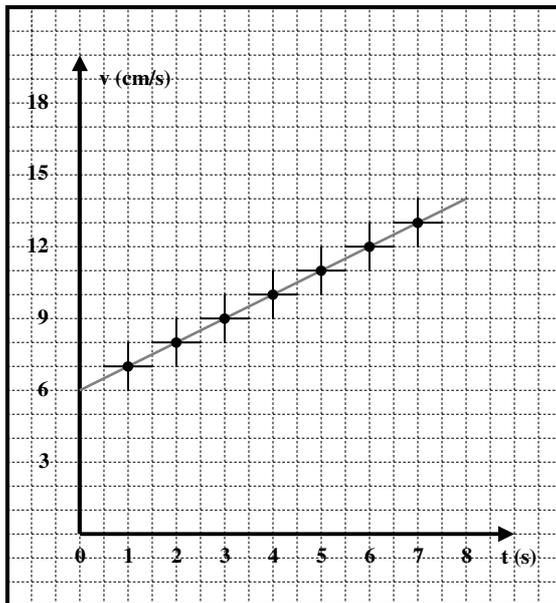


Figura 1a

Gráfico velocidade x tempo

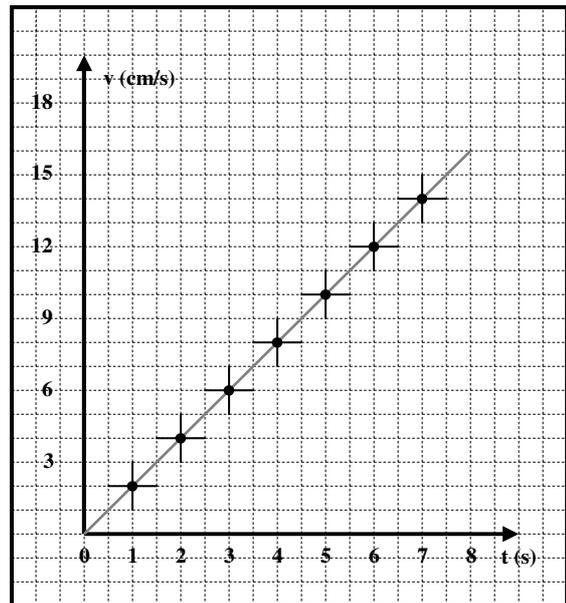


Figura 1b

ATIVIDADE VII: DETERMINAÇÃO GRÁFICA DA VELOCIDADE INSTANTÂNEA

Orientações para o professor

Nesta atividade, busca-se examinar “com uma lente de aumento” uma região do gráfico da posição em função do tempo de um corpo acelerado. Primeiramente aumenta-se a escala $\times 10$ e observa-se que o gráfico aproxima-se de uma reta. A amplificação $\times 100$ mostra que a função tende a uma reta. O aluno usa essa estratégia de ampliações sucessivas para compreender que, quando se utiliza intervalo de tempo muito pequeno, a curva tende a se aproximar de uma reta – teorema do limite de uma função. Esse recurso matemático é utilizado para determinar a velocidade instantânea num exato instante de tempo. Espera-se que o aluno compreenda o conceito de velocidade instantânea sem precisar utilizar o teorema do limite de uma função.

Objetivo

§ Estabelecer o conceito de velocidade instantânea.

ROTEIRO VII: DETERMINAÇÃO GRÁFICA DA VELOCIDADE INSTANTÂNEA

Material utilizado

Folha de papel milimetrado.

Instruções e tarefas

A partir do gráfico da posição em função do tempo da figura 1 de um movimento com aceleração constante, desenvolva as tarefas propostas.

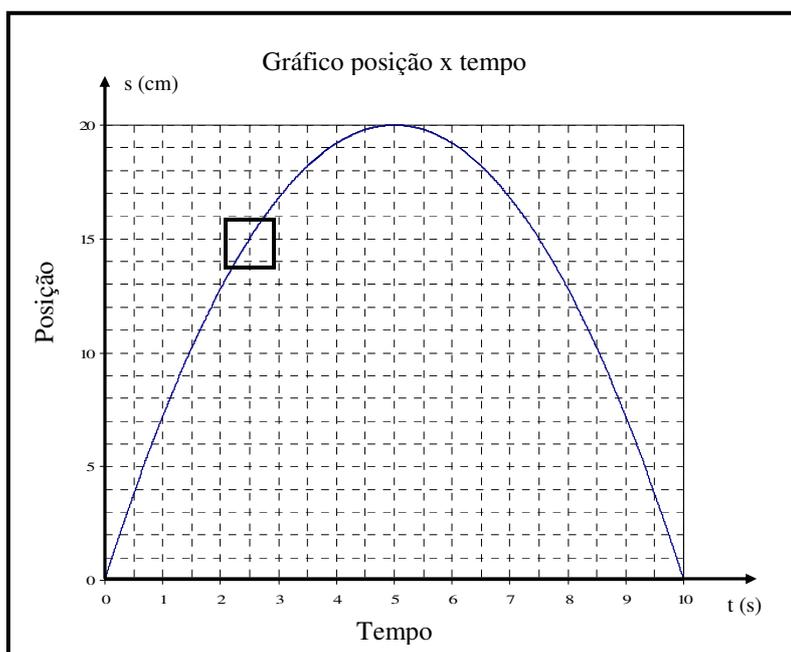


Figura 1: Gráfico da posição versus tempo do movimento de um corpo com aceleração constante.

- a. A Tabela 1 apresenta dados correspondentes à ampliação da região próxima a coordenada $t = 2,5$ s e $s = 15$ cm. Consideraram-se intervalos de tempo de 0,1 s. Marque os pontos e trace o gráfico *posição x tempo* correspondente a esses valores para se ter uma visão ampliada desse intervalo de tempo.

Tabela 1: Dados com intervalo de tempo de 0,1 s.

t (s)	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
s (cm)	12,80	13,27	13,73	14,17	14,59	15,00	15,39	15,77	16,13	16,47	16,80

- b. A Tabela 2 apresenta dados correspondentes a uma ampliação maior da região próxima a coordenada $t = 2,5$ s e $s = 15$ cm. Consideraram-se intervalos de tempo de 0,01 s. Marque os pontos e trace o gráfico *posição x tempo* correspondente a esses valores.

Tabela 2: Dados com intervalo de tempo de 0,01 s

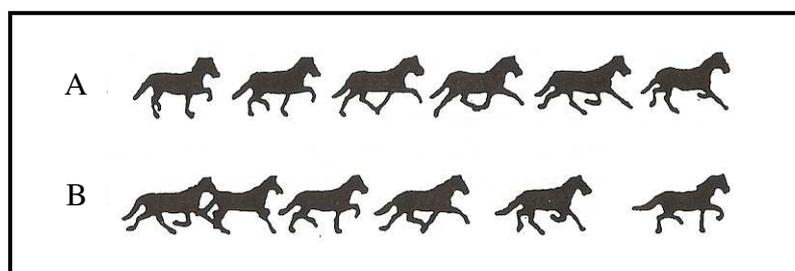
t (s)	2,45	2,46	2,47	2,48	2,49	2,50	2,51	2,52	2,53	2,54	2,55
s (cm)	14,798	14,839	14,879	14,920	14,960	15,000	15,040	15,080	15,119	15,159	15,198

- c. Os três gráficos são representações do mesmo movimento. Porque o último se parece mais com uma reta?

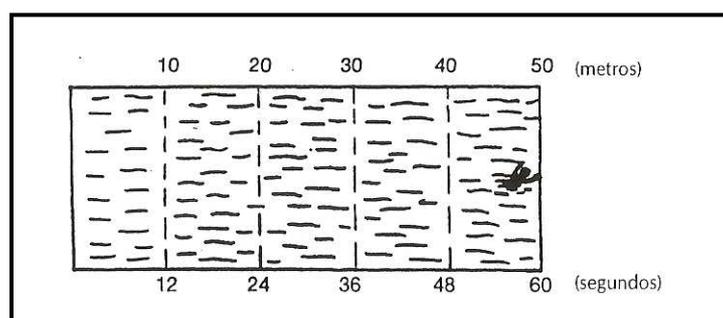
PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SOBRE O MOVIMENTO COM ACELERAÇÃO CONSTANTE

Os problemas a seguir deverão ser utilizados de acordo com a estratégia do professor como pré-teste ou como avaliação da aprendizagem dos alunos sobre os conceitos operacionais tratados na PARTE B relacionados ao movimento retilíneo com aceleração constante.

1. Use as informações da figura abaixo para descrever o tipo de movimento que é apresentado em cada sequência de imagens (A e B).

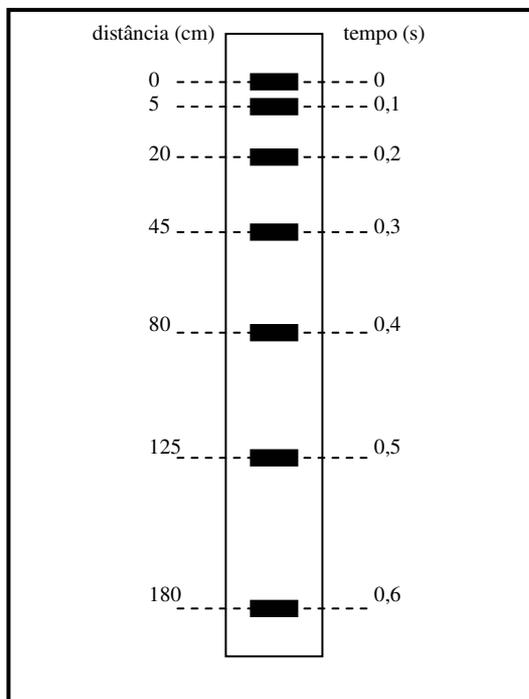


2. Numa piscina de 50 m foram anotados os tempos com que o nadador cruzou os marcos de 10, 20, 30, 40 e 50 metros. Os dados estão mostrados na figura abaixo. Como você classifica o movimento do nadador?

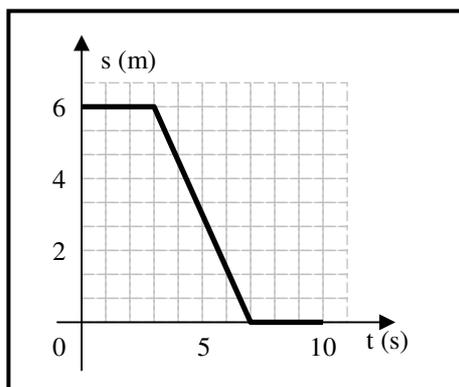


3. Um carro move-se numa estrada reta com aceleração constante. Se o motor goteja óleo com frequência de uma gota por segundo, desenhe as marcas de óleo deixadas pelo carro na estrada.

4. Na figura abaixo são fornecidos os dados da queda de um disco da altura de dois metros. A fotografia estroboscópica foi feita em cada décimo de segundo. O que você pode dizer sobre o valor da velocidade da queda? Ela aumenta, diminui ou permanece a mesma? Justifique.

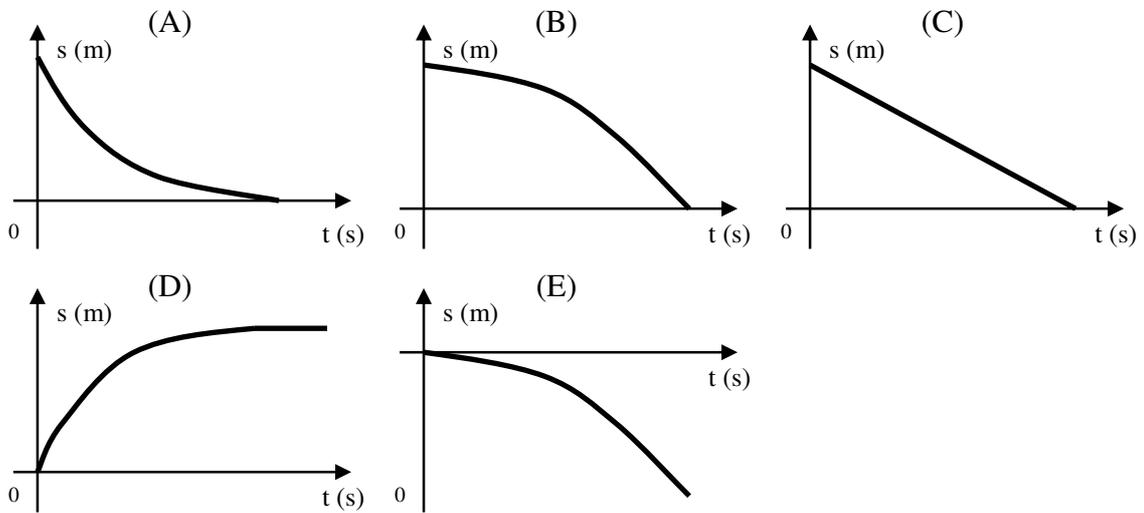


5. O gráfico abaixo representa o movimento de um corpo. Qual das afirmativas melhor descreve o movimento?



- (a) A bola move-se ao longo de uma superfície plana. Em seguida, ela desce um morro e, finalmente, para.
- (b) A bola primeiramente não se move. Depois move-se descendo um morro e, finalmente, para.
- (c) A bola está se movendo em velocidade constante. Em seguida, ela desacelera e para.
- (d) A bola primeiramente não se move. Depois move-se para trás e, finalmente, para.
- (e) A bola move-se ao longo de uma superfície plana, depois retorna descendo um morro e continua se movendo ao longo de uma superfície plana.

6. Um carro que está se movimentando para frente aplica o freio até parar. Qual dos gráficos posição em função do tempo representa esse movimento?



PARTE C: MOVIMENTO EM DUAS DIMENSÕES: INDEPENDÊNCIA DOS MOVIMENTOS

Até agora o aluno fixou os conceitos relacionados aos movimentos de velocidade constante e aceleração constante. A seguir o aluno aplicará esses conhecimentos em outra situação na qual o corpo se movimenta em duas dimensões.

Vale ressaltar que o tratamento feito aqui não solicita a compreensão da cinemática vetorial e que tratará a composição dos movimentos uniforme e uniformemente variado como se a velocidade e a aceleração fossem grandezas escalares.

ATIVIDADE VIII: INDEPENDÊNCIA DOS MOVIMENTOS

Orientações para o professor

Nesta atividade o aluno aplica o conhecimento sobre movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado para analisar o movimento de um projétil em duas dimensões. A figura 1 apresenta a composição dos movimentos do projétil, ressaltando-se a independência dos dois movimentos.

A figura 1-a mostra a simulação das posições sucessivas a intervalos iguais de uma bola. Observa-se na figura que os deslocamentos sucessivos são constantes a intervalos de tempo iguais.

A figura 1-b simula o movimento da esfera na direção vertical. Observa-se que os deslocamentos sucessivos variam a intervalos de tempo iguais.

O aluno deve reconhecer que a trajetória da esfera da figura 1-c representa a combinação dos movimentos horizontal e vertical como observado na figura 1-d que permite a verificação quantitativa da descrição acima.

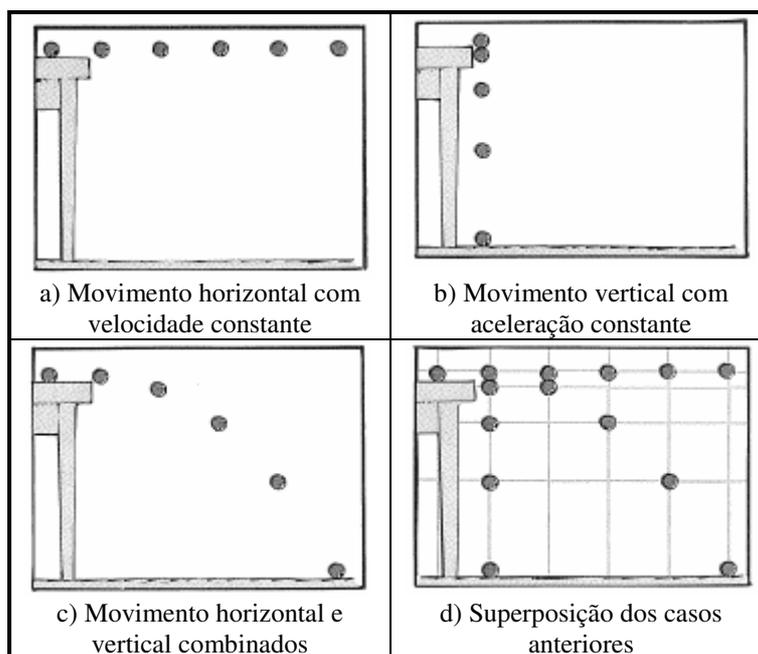


Figura 1: Ilustração das posições sucessivas de uma bola com movimento em duas dimensões. (HEWITT, 2002).

Objetivos:

- § Aplicar o conhecimento sobre movimento retilíneo com velocidade constante.
- § Aplicar o conhecimento sobre movimento retilíneo com aceleração constante.
- § Compreender a composição dos movimentos.
- § Compreender a independência dos movimentos ortogonais.

ROTEIRO VIII: INDEPENDÊNCIA DOS MOVIMENTOS

Materiais Utilizados

Régua milimetrada de 30 cm.

A fotografia estroboscópica digital da esfera lançada no ar com velocidade horizontal.

Instruções e tarefas

Use a fotografia estroboscópica digital da figura 1 para realizar as tarefas descritas a seguir.

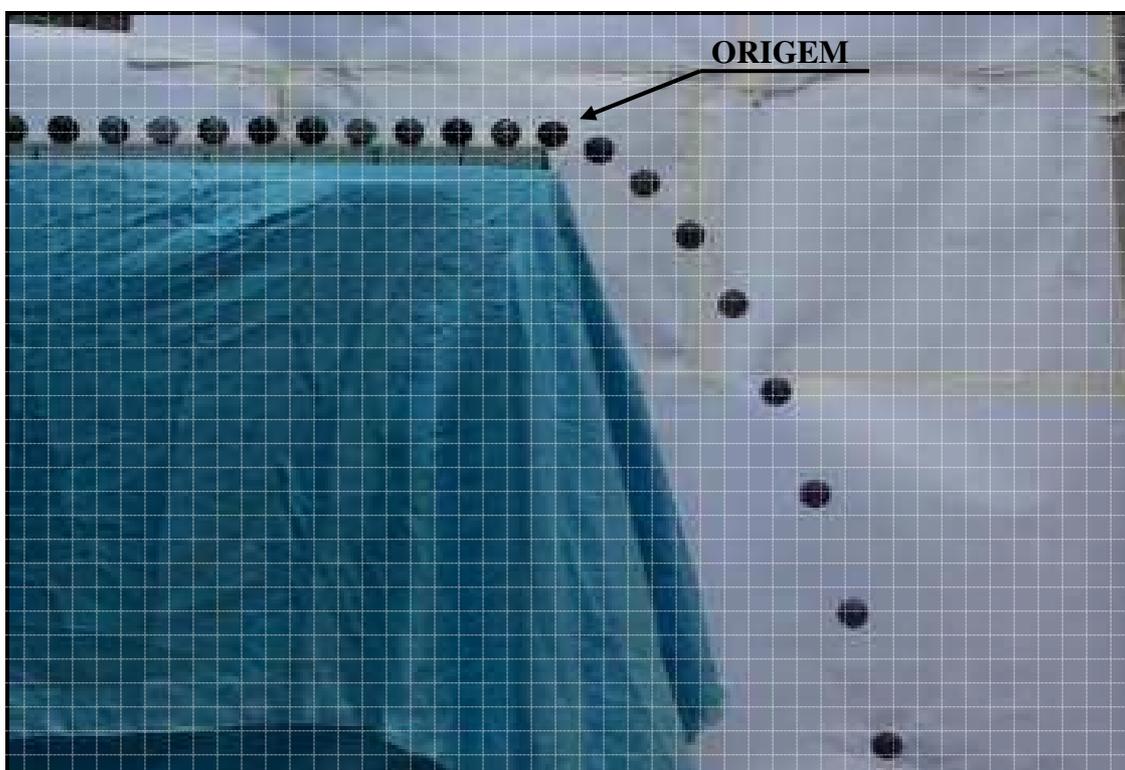


Figura 1: Fotografia estroboscópica digital de uma esfera em queda no ar com velocidade inicial horizontal. Frequência de filmagem 25 fotogramas por segundo.

- Registre na Tabela 1 as posições (x) da esfera na direção horizontal a partir da origem e os respectivos instantes de tempo. Complete a tabela, indicando os intervalos de tempo, deslocamentos (Δx) e velocidade média.
- Registre na Tabela 2 as posições (y) da esfera na direção vertical a partir da origem e os respectivos instantes de tempo. Complete a tabela, indicando os intervalos de tempo, deslocamentos (Δy) e velocidade média.

Tabela 1: Dados do movimento da esfera em queda no ar na direção horizontal

	x (cm)	t (s)	Δx (cm)	Δt (s)	$\frac{\Delta x}{\Delta t}$ (cm/s)
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

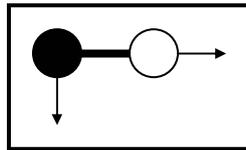
Tabela 2: Dados do movimento da esfera em queda no ar na direção vertical

	y (cm)	t (s)	Δy (cm)	Δt (s)	$\frac{\Delta y}{\Delta t}$ (cm/s)
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

- c. Com os dados registrados na Tabela 1, construa os gráficos da posição e da velocidade em função do tempo para o movimento na direção horizontal.
- d. Com os dados registrados na Tabela 2, construa os gráficos da posição e da velocidade em função do tempo para o movimento na direção vertical.
- e. Caracterize o tipo de movimento na direção horizontal com os gráficos da posição e da velocidade em função do tempo.
- f. Caracterize o tipo de movimento na direção vertical com os gráficos da posição e da velocidade em função do tempo.

Questões

- a. Considere uma bola de voleibol arremessada (saque) durante um jogo na praia num dia quando o sol está diretamente acima da cabeça dos jogadores. Desenhe as posições sucessivas da sombra no chão a intervalos de tempo iguais.
- b. Um dispositivo, como mostrado no desenho abaixo, lança a bola branca com uma velocidade horizontal no mesmo instante de tempo em que solta a bola preta. Qual das bolas chegará primeiro ao solo?



- c. O tempo de voo de uma pessoa é o intervalo de tempo no qual os seus pés estão sem contato com o piso. Esse intervalo de tempo depende da velocidade vertical com a qual ele se impulsionou. Esse tempo de voo depende:
- da velocidade horizontal inicial. () Sim () Não
- da velocidade vertical inicial. () Sim () Não

PARTE D – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL: AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

O uso da simulação é apresentado a fim de complementar a aprendizagem dos alunos que deve ter acontecido a partir do ensino realizado em sala de aula utilizando as atividades propostas através da fotografia estroboscópica digital.

A simulação permitirá que o aluno sedimente os conceitos adquiridos, trabalhe com as grandezas físicas da cinemática e controle as variáveis que determinam os gráficos dos movimentos observados na tela: posição, velocidade e aceleração. Assim o aluno reforça a aprendizagem da cinemática básica através da realização de exercícios no controle dos valores selecionados da posição, velocidade e aceleração, quando seguido da observação imediata dos gráficos dos movimentos selecionados.

Existem várias simulações disponíveis na internet para serem usadas gratuitamente, dentre elas tem-se:

- LIMC – Universidade Federal do Rio de Janeiro: Aplicativos Computacionais no Ensino de Física, disponível em <http://omnis.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2010_Geraldo_Felipe/CD-Aplicativos/index_1.html>
- Portal do Professor do MEC, disponível em <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/recursos.html>>
- PHET Simulações Interativas da Universidade do Colorado disponível em <<http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/new>>

ATIVIDADE IX: SIMULAÇÃO DO MOVIMENTO DE UM CORPO

Orientações para o professor

Nesta atividade o aluno utiliza a simulação para, através do controle das grandezas físicas, verificar como elas modificam o movimento do corpo. A simulação *O homem em movimento* (*The moving man*, desenvolvida pelo PhET – Projeto de Simulações Interativas – da Universidade do Colorado. Disponível em <<http://phet.colorado.edu/en/simulation/moving-man>>) é composta por duas telas: *Introdução* e *Gráficos*. Na tela *Introdução* há um cenário com um “homem” que se movimenta com velocidade constante ou com aceleração constante sobre uma régua

graduada (figura 1). Há controles para as grandezas físicas posição, velocidade e aceleração. O aluno escolhe valores para cada uma das grandezas. Na tela *Gráficos* aparecem todas as informações da tela *Introdução* além dos gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo (figura 2). Quando a tecla *play* é acionada, o “homem” começa a realizar o movimento solicitado e os gráficos são traçados simultaneamente.

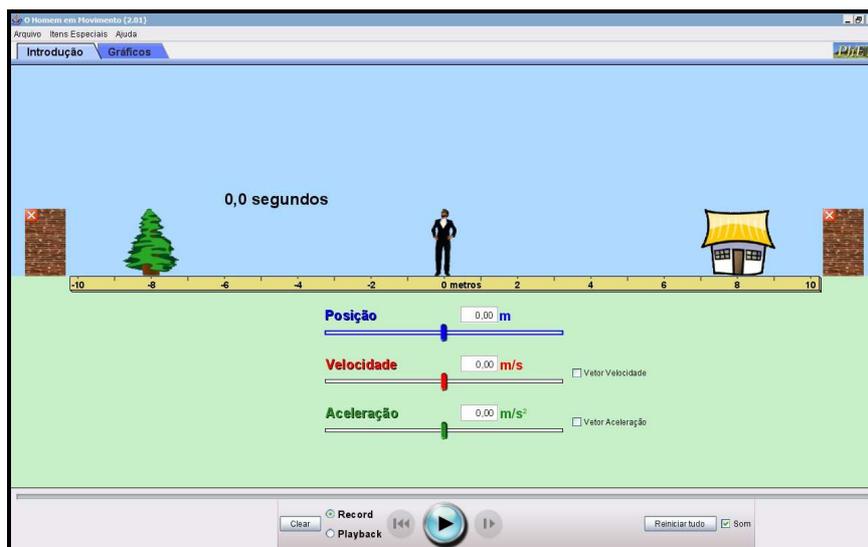


Figura 1: Tela *Introdução* da simulação *O homem em movimento*.

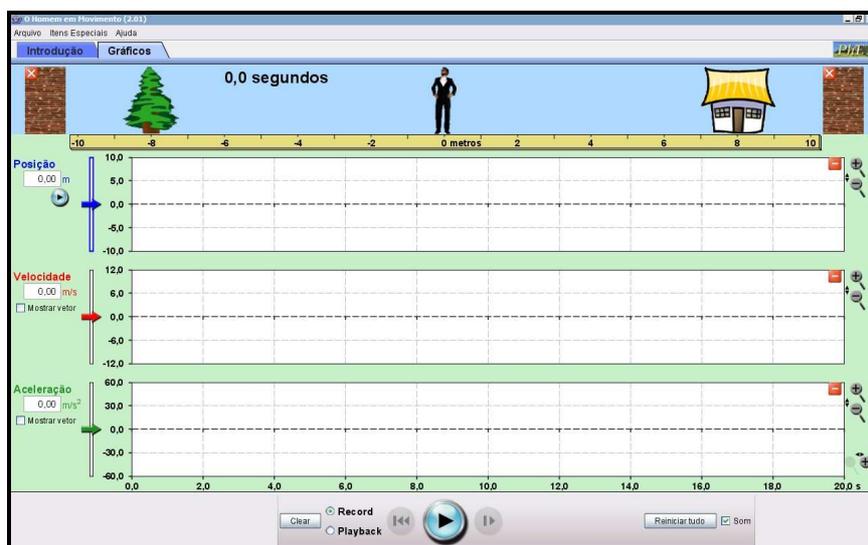


Figura 2: Tela *Gráficos* da simulação *O homem em movimento*.

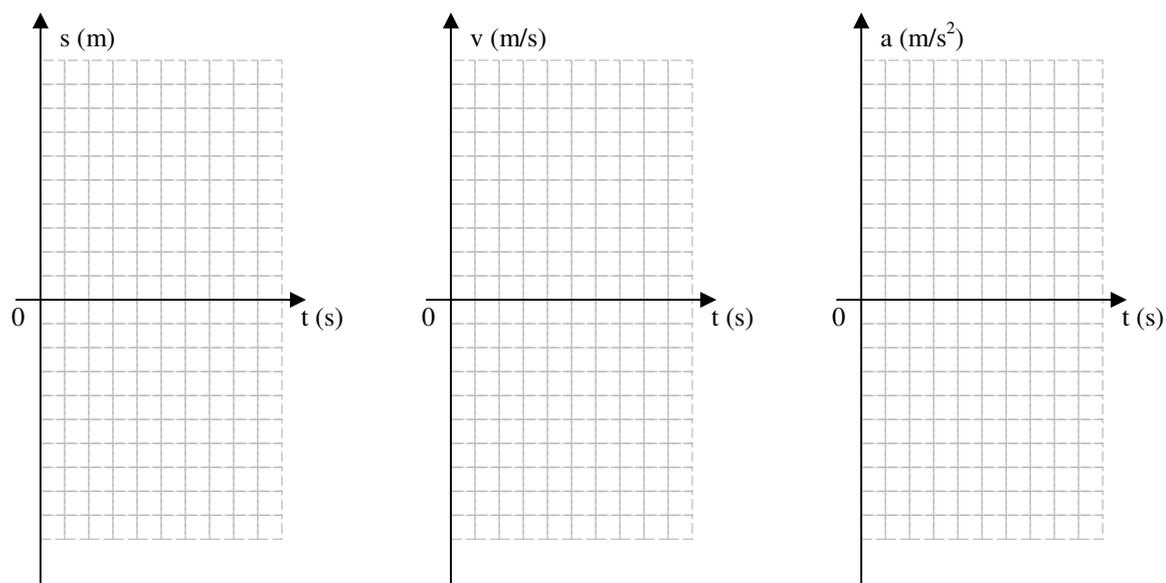
Objetivo

- Representar o movimento de um corpo através dos gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo.
- § Interpretar os gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo do movimento de um corpo.
- § Analisar os gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo do movimento de um corpo.

ROTEIRO IX: SIMULAÇÃO DO MOVIMENTO DE UM CORPO

EXERCÍCIO I: Movimento retilíneo uniforme

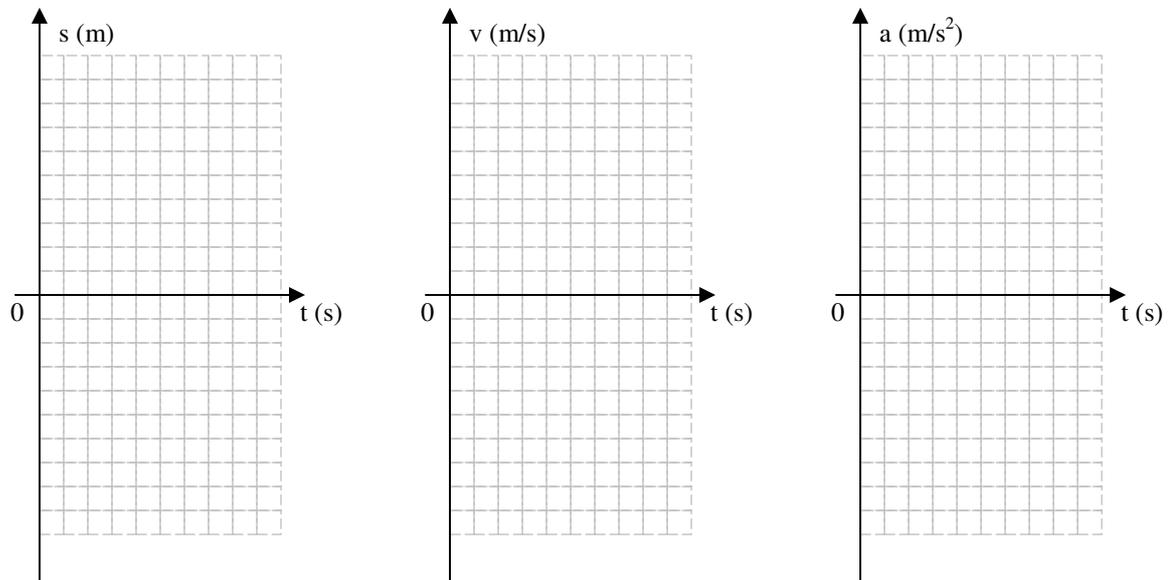
1. Desenhe (esboce) os gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo para o “homem” que se move com velocidade constante ($v = 2 \text{ m/s}$) a partir da origem (0 m) até a casa ($+ 8 \text{ m}$).



2. Insira as condições iniciais do movimento na simulação e observe o traçado dos gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo.
3. Compare as previsões com os gráficos traçados na simulação.

EXERCÍCIO II: Movimento retilíneo uniforme

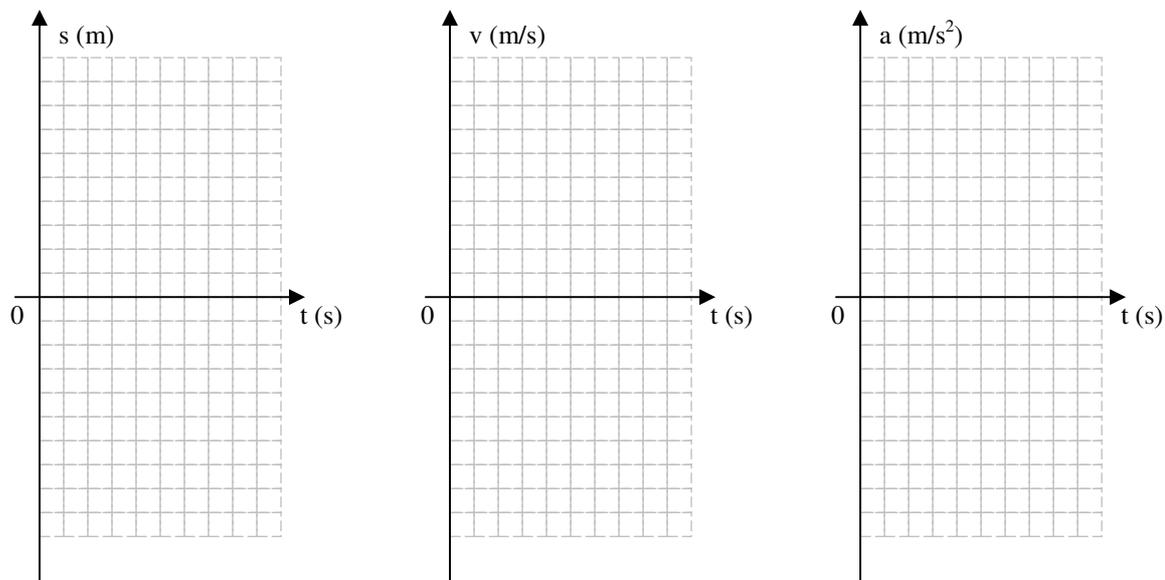
1. Esboce os gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo do movimento do “homem” que se desloca com velocidade constante ($v = 2 \text{ m/s}$) a partir da origem (0 m) até a árvore (-8 m).



2. Insira as condições iniciais do movimento na simulação e observe o traçado dos gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo.
3. Compare as previsões com os gráficos traçados na simulação.

EXERCÍCIO III: Movimento retilíneo uniforme

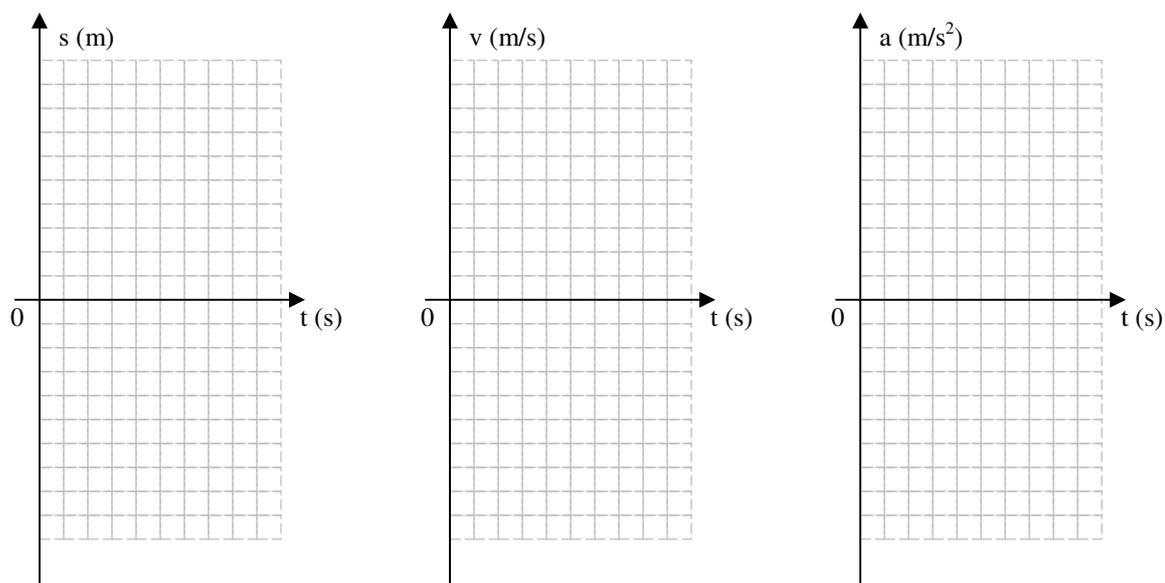
1. Esboce os gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo do movimento do “homem” que caminha com velocidade constante ($v = 3 \text{ m/s}$) a partir da origem até a porta de casa, em seguida, faz *meia-volta* e move-se em direção à árvore com a mesma velocidade constante.



2. Insira as condições do movimento na simulação e observe o traçado dos gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo.
3. Compare as previsões com os gráficos traçados na simulação.

EXERCÍCIO IV: Movimento retilíneo uniformemente variado

1. Esboce os gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo do movimento do “homem” que caminha com aceleração constante ($a = 5 \text{ m/s}^2$) a partir da porta de casa até a árvore.

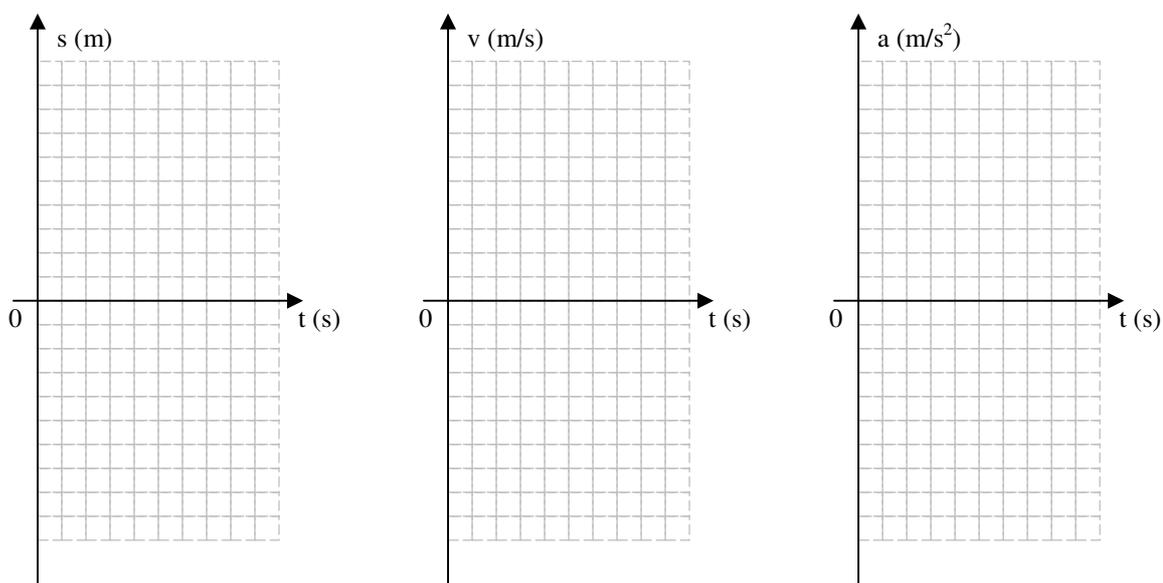


2. Insira as condições do movimento na simulação e observe o traçado dos gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo.
3. Compare as previsões com os gráficos traçados na simulação.

EXERCÍCIO V: Movimento retilíneo variado

1. Esboce os gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo do movimento descrito abaixo:

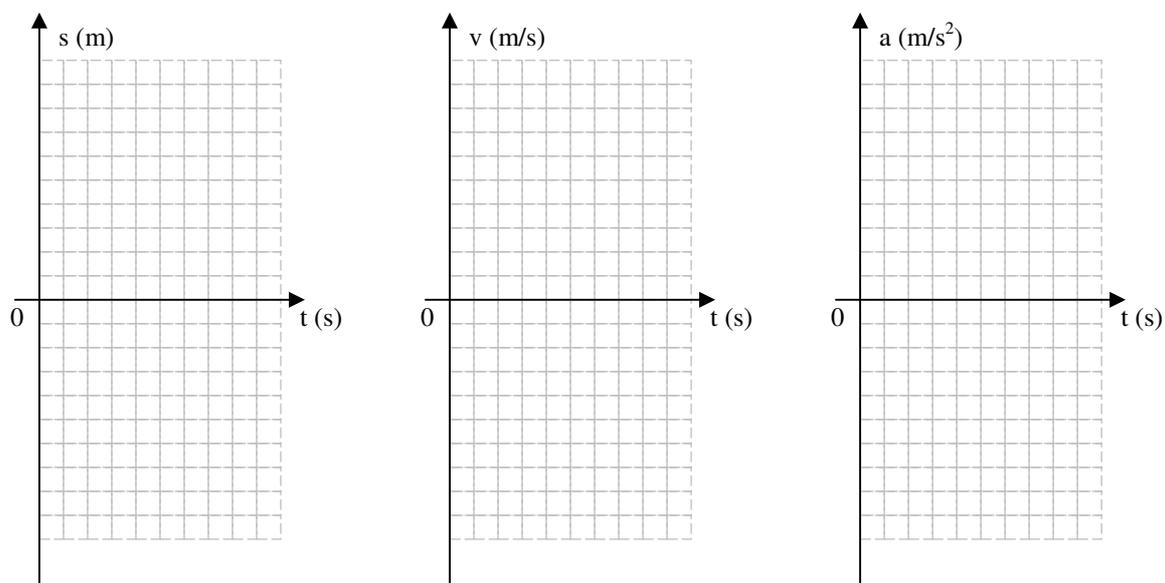
Um homem sai de casa correndo pela rua com velocidade constante ($v = 4$ m/s). Depois de 2 s de corrida ele para a fim de pegar uma nota de R\$ 20,00, que vê na calçada, em seguida faz *meia-volta* e começa a caminhar para casa com velocidade constante ($v = 2$ m/s). Dois metros à frente ele para com o intuito de amarrar o sapato, então se levanta e corre o restante do caminho de casa com aceleração constante ($a = 5$ m/s²) durante todo percurso.



2. Insira as condições do movimento na simulação e observar o traçado dos gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo.
3. Compare as previsões com os gráficos traçados na simulação.

EXERCÍCIO VI: Movimento retilíneo variado

1. Crie um movimento com trechos onde o “homem” se mova com velocidade constante e trechos com aceleração constante. Desenhe os gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo desse movimento.



2. Insira as condições do movimento na simulação e observe o traçado dos gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo.
3. Compare as previsões com os gráficos traçados na simulação.

5. Exemplos de fotografias estroboscópicas digitais

Segue um conjunto de fotografias estroboscópicas digitais que o professor poderá utilizar para desenvolver outras atividades práticas, com objetivos educacionais por ele definidos. Todas as fotografias têm o intervalo de tempo de $1/25$ segundos.



Figura 11: Esfera movendo-se inicialmente sobre uma canaleta inclinada com 30° e depois na horizontal.



Figura 12: Esfera em queda livre dentro de um tubo de acrílico com 60 cm.



Figura 13: Esfera em queda dentro de um tubo de acrílico com 60 cm cheio d'água.



Figura 14: Esfera em queda dentro de um tubo de acrílico com 180 cm cheio d'água.



Figura 15: Esfera em queda livre dentro de um tubo de acrílico com 180 cm.



Figura 16: Esfera em movimento horizontal com velocidade constante.



Figura 17: Esfera em movimento sobre uma canaleta inclinada com aceleração constante.



Figura 18: Fotografia estroboscópica digital de uma esfera movendo-se inicialmente sobre uma canaleta inclinada, depois na horizontal e termina em queda livre.



Figura 19: Esfera movendo-se inicialmente sobre uma canaleta inclinada e depois na horizontal.

Referências bibliográficas utilizadas no desenvolvimento deste caderno

CORVELONI, E. P. M., *et al.* Utilização de máquina fotográfica digital (mult-burst) para aulas experimentais de cinemática – queda livre. Paraná: Revista Brasileira de Ensino de Física, v.31, n.3, 2009.

DIAS, M. A., AMORIM, H. S. de e BARROS, S. S., Produção de fotografias estroboscópicas sem lâmpada estroboscópica. Rio de Janeiro: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.26, n.3, p. 492-513, dez. 2009.

HEWITT, P. G. Física Conceitual. Porto Alegre: Bookman, 9 ed., 2002.

MAGALHÃES, M. G. M. de *et al.* Utilizando Tecnologia Computacional na Análise Quantitativa de Movimentos: Uma Atividade para Alunos do Ensino Médio. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, v.24, n.2, junho, 2002.

LAHERA, J.; FORTEZA, A. Ciências Físicas nos Ensinos Fundamental e Médio: Modelos e Exemplos. Porto Alegre: Artmed Editora, 2008.

McDERMOTT, L. C.; SHAFFER, P. S.; ROSENQUIST, M. L. Physics by Inquiry: an Introduction to Physics and the Physics Sciences. V. II. Physics Education Group. University of Washington: 1996.

ROSA, R. A.; RAPOZO, R. R.; CARVALHO, T. M. de; SABA, M. M. F. Fotografia Estroboscópica. São Paulo: Física na Escola, v.5, n.1, 2004.

SISMANOGLU, B. N., *et at.* A utilização da filmadora digital para o estudo do movimento dos corpos. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, v.31, n.1, 2009.