

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

REINALDO SILVA GUIMARÃES

**CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO DE
CINEMÁTICA INTRODUTÓRIA COM APOIO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO
AUTOMÁTICA DE DADOS BASEADA EM PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA
DIDÁTICA**

**Bagé
2015**

REINALDO SILVA GUIMARÃES

**CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO DE
CINEMÁTICA INTRODUTÓRIA COM APOIO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO
AUTOMÁTICA DE DADOS BASEADA EM PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA
DIDÁTICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientadora: Dra. Vania Elisabeth Barlette

Coorientador: Dr. Paulo Henrique Guadagnini

**Bagé
2015**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

G896c Guimarães, Reinaldo Silva

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO DE
CINEMÁTICA INTRODUTÓRIA COM APOIO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO
AUTOMÁTICA DE DADOS BASEADA EM PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA
DIDÁTICA / Reinaldo Silva Guimarães.

197 p.

Dissertação(Mestrado)-- Universidade Federal do Pampa,
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2015.

"Orientação: Vania Elisabeth Barlette".

1. Ensino de Física. 2. Engenharia Didática. 3. Aquisição
automática de dados. 4. Cinemática. 5. Teoria das Situações
Didáticas. I. Título.

REINALDO SILVA GUIMARÃES

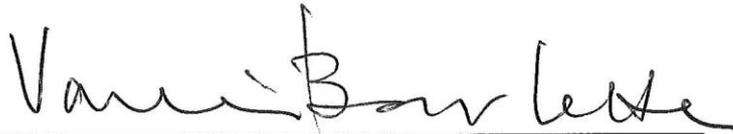
**CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO DE
CINEMÁTICA INTRODUTÓRIA COM APOIO DE UM SISTEMA DE
AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS BASEADA EM PRINCÍPIOS
DA ENGENHARIA DIDÁTICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências.

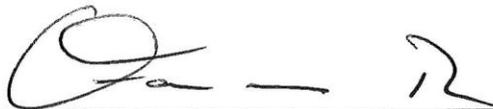
Área de concentração: Ensino de Ciências

Dissertação defendida e aprovada em: 23 de julho de 2015

Banca Examinadora:



Profa. Dra. Vania Elisabeth Barlette
Orientadora
UNIPAMPA



Prof. Dr. Fábio Saraiva da Rocha
UFPel



Prof. Dr. Daniel Luiz Nedel
UNIPAMPA

Dedico esta dissertação a minha esposa Heloísa e
a meu filho Fernando.

AGRADECIMENTOS

A minha família, especialmente minha esposa, pelo apoio e incentivo dispensado durante o período de realização deste curso;

A profa. Dra. Vania Elisabeth Barlette e ao prof. Dr. Paulo Henrique Guadagnini, respectivamente orientadora e coorientador desta dissertação, pela dedicação e apoio conferidos na escolha, estruturação e realização deste trabalho;

A todos professores do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, e da Unipampa, cujo conhecimento e experiência compartilhados resultaram na elaboração desta dissertação;

A todos os professores, funcionários e alunos do Colégio Estadual Prof. Waldemar Amoretty Machado, especialmente a diretora Eunice Dias Vaghetti pela colaboração na cedência das instalações da escola durante o período de desenvolvimento desta pesquisa;

A professora Gisele Machado Brites Rodrigues, titular da turma selecionada para esta pesquisa, pelo auxílio e colaboração prestados;

Aos alunos participantes da pesquisa pelo empenho na compreensão dos objetivos deste trabalho e pela dedicação conferida às tarefas propostas;

Aos professores-colegas do Programa de Pós-Graduação, pela troca de experiência e conhecimentos que resultaram não somente no enriquecimento de minha formação acadêmica, mas também numa valiosa amizade;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no âmbito do Projeto Observatório da Educação (OBEDUC), Edital CAPES N. 049/ 2012, pelo apoio financeiro parcial para aquisição de dispositivos de aquisição automática de dados.

“O comportamento racional de uma sociedade, ou seja, sua relação tanto com a verdade quanto com a realidade, não repousa exclusivamente nas virtudes individuais de seus membros; requer prática social e uma cultura que devem ser ensinadas na escola”.

Guy Brousseau

RESUMO

Este estudo diz respeito a problemática do ensino de ciências relativa à representação pelo aprendiz do conhecimento científico, especificamente as formas declarativas e gráficas da representação do conhecimento físico escolar. O objeto deste estudo é a evolução na construção de conceitos, modelos e gráficos de cinemática escalar pelo estudante do ensino fundamental, em especial, os conceitos de velocidade e aceleração e suas formas gráficas, a partir de situações de ensino concebidas para proporcionar uma participação ativa do estudante em sua interação com um sistema de aquisição automática de dados construído com base em um sensor sonar ultrassônico de movimento, uma plataforma Arduino e o *software* Excel. Com o objetivo de estudar alguns aspectos da aprendizagem de cinemática em duas dimensões da aprendizagem, a cognitiva e a do incentivo, por estudantes do ensino fundamental no componente do currículo Ciências, em sua interação com tais situações didáticas no ambiente real de sala de aula, este trabalho utiliza a metodologia de pesquisa da Engenharia Didática de Michéle Artigue que tem por base a Teoria das Situações Didáticas de Guy Brousseau. As situações didáticas são articuladas sequencialmente sob a forma de uma sequência de ensino, com objetos de ensino organizados na perspectiva da aprendizagem por superordenação como propõe a Teoria da Assimilação de David Ausubel, e com uma concepção de objetivos de aprendizagem organizados em níveis de cognição de acordo com a Taxonomia de Bloom revisada de Objetivos Educacionais. A fase da experimentação da Engenharia Didática foi conduzida com uma turma de estudantes do 9º ano do ensino fundamental de uma escola pública do Estado do Rio Grande do Sul, de março a abril de 2015. Para a coleta de dados, o trabalho usa um teste de conhecimento de múltipla escolha e um teste padrão de motivação para aprender, que foram ambos administrados antes e após a fase de experimentação, bem como guias de atividades que foram administrados aos participantes durante a experimentação, observações do professor pesquisador, e um questionário aberto administrado aos participantes após a experimentação. A confiabilidade do teste de conhecimento é avaliada com a estatística de Kuder-Richardson Fórmula 20 (KR-20), e a eficácia dos itens do teste é avaliada através do cálculo dos índices de dificuldade do item e discriminação do item. Para compor o processo de validação interna da experiência, testes de hipóteses são realizados com o teste de Wilcoxon pareado para comparar as medidas obtidas de desempenho e motivação para aprender da amostra dos estudantes participantes, antes e depois da fase de experimentação. Os resultados estatísticos indicam uma melhoria significativa no desempenho dos estudantes participantes que experimentaram as situações didáticas ($p = 0,0001$), não havendo aumento estatisticamente significativo na motivação para aprender destes participantes ($p = 0,3452$). Os processos de aprendizagem dos participantes são uma parte importante da validação interna da experiência e são analisados por meio de um conjunto de critérios baseados em objetivos de aprendizagem, bem como na tipologia das situações didáticas, ambos concebidos na análise *à priori* à experimentação, confrontando o conteúdo das respostas às perguntas dos guias de atividades com as expectativas de aprendizagem das situações de ensino. Os resultados dessa análise fornecem indícios de que os objetivos de aprendizagem foram alcançados. A opinião dos estudantes participantes que realizaram o estudo revela que as atividades propostas apresentam caráter inovador. Como um dos produtos de pesquisa gerados por este estudo, a sequência de ensino que mostrou ser válida para as condições desta pesquisa poderá ser adaptada para atender às necessidades do projeto educacional do professor.

Palavras-chave: Cinemática. Aquisição automática de dados. Sensor de movimento. Engenharia Didática. Ensino de Física.

ABSTRACT

This study concerns the problem of science teaching relating to the representation by the learner of scientific knowledge, specifically the declaration and graphic forms of representation of school physical knowledge. The object of this study is the evolution in the construction of concepts, models and graphics of scalar kinematics by the student of elementary school, in particular the concepts of velocity and acceleration and their graphic forms, from teaching situations designed to providing active student participation in their interaction with an automatic data acquisition system built based on an ultrasonic motion sensor, an Arduino platform and Excel software. With the aim to study some aspects of the learning of kinematics in two dimensions, cognitive and encouragement, by elementary school students in science curriculum component in their interaction with such didactic situations in the real environment of the classroom, this work uses the Didactic Engineering research methodology of Michéle Artigue that is based on the Theory of Didactical Situations of Guy Brousseau. The didactic situations are articulated sequentially in the form of a teaching sequence, with educational objects organized in the context of learning by superordination as proposed by the Theory of Assimilation of David Ausubel, and with a design of learning objectives by cognitive levels according with revised Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. The experimentation phase of the Didactic Engineering was carried out with a class of students from the ninth grade of elementary school at a public school of the state of Rio Grande do Sul, from March to April 2015. For data collection, the work uses a multiple choice knowledge test and a pattern test of motivation to learn, which were both administrated before and after the experimentation, as well as activity guides that were administered to participants during the experimentation, observations of teacher researcher, and an open questionnaire administered to participants after the experimentation. The reliability of the knowledge test is evaluated with the statistical of Kuder-Richardson Formula 20 (KR-20), and the effectiveness of test items is evaluated by calculating the indexes of item difficulty and item discrimination. To compose the internal validation process of experience, statistical hypothesis testing are performed with Wilcoxon Signed-Rank Test for comparing obtained measures of performance and motivation to learn of the sample of students participants, before and after experimentation phase. Statistical results indicate a significant improvement in the performance of participants who have experienced the didactic situations ($p = 0.0001$), with no statistically significant increase in motivation to learn these participants ($p = 0.3452$). The learning processes of the participants are an important part of the internal validation of the experience and they are analyzed using a set of criteria based in learning objectives as well in the typology of the didactic situations, both designed in the *à priori* analysis to the experimentation, by confronting the content of the answers to questions of the guides of activities with the learning expectations of the teaching situations. The results of this analysis provide evidence that learning objectives have achieved. The opinion of the participants reveals that proposed activities have innovative character. As one of the research products generated by this study, the teaching sequence which showed being valid for the conditions of this research could be adapted to meet the needs of the educational designing of the teacher.

Keywords: Kinematics. Automatic data acquisition. Motion sensor. Didactic Engineering. Physics Teaching.

FIGURAS

Figura 1 - Processos, e dimensões da aprendizagem e do desenvolvimento de competências.....	22
Figura 2 - Situação didática	26
Figura 3 - Fases da metodologia da pesquisa	30
Figura 4 - Princípio da assimilação de acordo com Ausubel.....	32
Figura 5 - Princípio da assimilação de acordo com Ausubel com a fase obliteradora	33
Figura 6 - Aprendizagem subordinada – subsunção derivativa.....	34
Figura 7 - Aprendizagem subordinada: subsunção correlativa.....	35
Figura 8 - Aprendizagem superordenada.....	36
Figura 9 - Aprendizagem combinatória	36
Figura 10 - Ilustração esquemática do processo de assimilação superordenada do conceito de velocidade com alguns conceitos âncora	67
Figura 11 - Diagrama esquemático do sistema de aquisição automática de dados com sensor sonar e plataforma Arduino, adaptado de Rocha e Guadagnini (2010).....	68
Figura 12 – Esquemático elétrico para interfaceamento do sensor sonar ultrassônico HC-SR04 e a placa Arduino UNO, adaptado de Rocha e Guadagnini, 2010.....	69
Figura 13 - Possibilidade de organização da sala de aula para a realização de atividades com uso do sensor sonar	70
Figura 14 - Esquema ilustrativo da sequência de ensino de cinemática.....	71
Figura 15 - Disposição do sistema de aquisição automática de dados para as atividades de MRU e MRUV	87
Figura 16 - Placa micro processada do tipo Arduino UNO com sensor sonar (HC-SR04) como utilizados para as atividades de MRU e MRUV	88
Figura 17 - Indicação da direção dos movimentos realizados pelos estudantes durante as atividades, balizados pela fita métrica amarela sobre o piso da sala de aula.....	88
Figura 18 - Exemplo da projeção de dados sobre o quadro branco coletados pelo sistema de aquisição de dados durante a realização de movimentos pelos estudantes propostos na Tarefa 1 da Atividade	93
Figura 19 - Exemplo de apresentação do gráfico no monitor do computador durante a realização de movimentos por um dos grupos de estudantes na realização da Tarefa 1 da Atividade.....	93

Figura 20 - Desenvolvimento da Tarefa 2 da Atividade 1 por um dos grupos, no momento de construção do gráfico de posição x tempo, relativo a um movimento de afastamento do sensor sonar	94
Figura 21 - Destaque da tabela de dados que acompanha o gráfico posição x tempo desenvolvido por um estudante de um dos grupos para um movimento de afastamento do sensor sonar da Tarefa 2 da Atividade 1	94
Figura 22 - Diagrama de caixa para os escores do teste de conhecimento	98
Figura 23 - Tendência à normalidade da distribuição dos escores do teste de conhecimento	99
Figura 24 - Histograma comparativo dos escores obtidos pelos participantes no teste de conhecimento antes e após a fase de experimentação da Engenharia Didática (pós-teste e pré-teste)	101
Figura 25 - Histograma dos valores das diferenças pareadas das notas do teste de conhecimento: (pós-teste) – (pré-teste)	102
Figura 26 - Diagrama de caixa para os escores do teste de motivação para aprender	104
Figura 27 - Diagrama de caixa para os escores do teste de motivação para aprender	105
Figura 28 - Tendência à normalidade da distribuição dos escores do teste de motivação para aprender	105
Figura 29 - Escores obtidos pelos participantes no teste de motivação para aprender (pré-teste e pós-teste).....	107
Figura 30 - Histograma comparativo dos escores obtidos pelos participantes no teste de motivação para aprender antes e após a fase de experimentação da Engenharia Didática (pós-teste e pré-teste).....	108
Figura 31 - Histograma dos valores das diferenças pareadas dos escores dos participantes no teste de motivação para aprender antes e após a fase de experimentação da Engenharia Didática (pós-teste e pré-teste)	108
Figura 32 - Gráfico posição x tempo apresentado pelo participante E14 para os movimentos de afastamento e aproximação do sensor sonar da Atividade 1 na Tarefa 2, e sua interpretação para os movimentos realizados e tipo de gráfico apresentada na Tarefa 3	111
Figura 33 - Gráfico posição x tempo apresentado pelo participante E09, para movimentos de afastamento e de aproximação do sensor sonar na Atividade 1 da Tarefa 2 e sua	

interpretação para os movimentos e tipo de representação gráfica apresentada na Tarefa 3	114
Figura 34 - Respostas do participante E14 para a Tarefa 3 da Atividade.....	117
Figura 35 - Respostas do participante E09 para a Tarefa 3 da Atividade.....	117
Figura 36 - Respostas do participante E14 para a Tarefa 4 da Atividade 1 para (a) questão 5 e (b) para questões 6, 7, 8, 9, 10 e 11	119
Figura 37 - Resposta do participante E14 para a Tarefa 4 da Atividade 1 para questão 15	121
Figura 38 - Dados registrados por um participante (E22), coletados pelo sistema de aquisição automática de dados para a tempo, posição, velocidade e aceleração do movimento de uma bolinha que desce um trilho inclinado da Tarefa 1 da Atividade 2, e o respectivo gráfico de posição por tempo.	123
Figura 39 - Gráfico de velocidade x tempo registrados por um participante (E22), a partir dos coletados pelo sistema de aquisição automática de dados da Tarefa 1 da Atividade 2, e a interpretação dos gráficos feita coletivamente no formato de institucionalização ...	124
Figura 40 – Construção e formalização do conceito da aceleração média por um dos participantes. (a) Procedimentos de cálculo de aceleração instantânea; (b) compreensão do significado da aceleração e sua representação gráfica.....	126

QUADROS

Quadro 1 - Idade, sexo e denominação dos participantes da pesquisa	40
Quadro 2 - Fases da pesquisa relacionadas a validação da experiência e instrumento de coleta de dados utilizados, e cronograma de realização.....	42
Quadro 3 - Hipóteses elaboradas para análise do teste de conhecimento	50
Quadro 4 - Hipóteses elaboradas para análise do teste de motivação para aprender	50
Quadro 5 - Objetivos do teste TUG-K de compreensão de gráficos da cinemática.....	62
Quadro 6 - Descrição geral da atividade para ensino de MRU	72
Quadro 7 - Objetivos de aprendizagem para a Atividade 1 na dimensão do processo cognitivo, segundo a Taxonomia de Bloom revisada.....	74
Quadro 8 - Descrição geral da atividade para ensino de MRUV	75
Quadro 9 - Objetivos de aprendizagem para a Atividade 2 na dimensão do processo cognitivo, segundo a Taxonomia de Bloom revisada.....	77
Quadro 10 - Planejamento da situação didática para o ensino de MRU, usando a classificação da Teoria das Situações Didáticas	78
Quadro 11 - Planejamento da situação didática para o ensino de MRUV, usando a classificação da Teoria das Situações Didáticas	80
Quadro 12 - Cronograma de coleta de dados à priori do teste de conhecimento (pré-teste) e da motivação para aprender (pré-teste)	81
Quadro 13 - Cronograma de aplicação e descrição da atividade para ensino de MRU realizada com a turma 92 do 9º ano do ensino fundamental.....	89
Quadro 14 - Cronograma de aplicação e descrição da atividade para ensino de MRUV realizada com a turma 92 do 9º ano do ensino fundamental.....	91
Quadro 15 – Opinião de participantes sobre as atividades de MRU e MRUV realizadas	128
Quadro 16 - Opinião dos participantes sobre o que mais chamou atenção nas aulas.....	130
Quadro 17 - Opinião dos participantes sobre o que não gostaram nas aulas.....	130
Quadro 18 - Opinião dos participantes sobre o que estava difícil nas aulas	131
Quadro 19 - Opinião dos participantes para melhorar as aulas de Física.....	132

TABELAS

Tabela 1 - Índice de fidedignidade do teste de conhecimento de cinemática realizado na fase de pesquisa à priori	82
Tabela 2 - Avaliação do grau de dificuldade de um item	83
Tabela 3 - Índices de fidedignidade do teste de conhecimento, de discriminação e de dificuldade por item do teste de conhecimento. Em negrito estão assinalados os itens não aceitáveis segundo critérios propostos para o índice de dificuldade e de discriminação	83
Tabela 4 - Índice de fidedignidade do teste de conhecimento na fase de pesquisa à posteriori	95
Tabela 5 - Índice de fidedignidade do teste de conhecimento, e índices de discriminação e dificuldade de cada item do teste de conhecimento realizado na fase de pesquisa à posteriori	96
Tabela 6 - Dados estatísticos do teste de conhecimento.....	98
Tabela 8 - Probabilidades obtidas com Wilcoxon pareado unilateral para teste de conhecimento (pré-teste e pós-teste)	100
Tabela 9 - Escores obtidos pelos participantes no teste de conhecimento (pré-teste e pós-teste)	100
Tabela 10 – Dados estatísticos do teste de motivação para aprender	103
Tabela 11 - Probabilidades obtidas com Wilcoxon pareado unilateral para teste de motivação para aprender (pré-teste e pós-teste).....	106
Tabela 12 - Escores obtidos pelos participantes no teste de motivação para aprender (pré-teste e pós-teste).....	106

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Trajectoria docente.....	17
1.2	Situando o Contexto.....	18
1.3	Estrutura da pesquisa e metodologia adotada	19
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	21
2.1	Dimensões da aprendizagem e do desenvolvimento de competências.....	21
2.2	Motivação para aprender	23
2.3	Aspectos da Teoria das Situações Didáticas de Guy Brousseau	24
2.4	Engenharia Didática	28
2.5	Aspectos da Teoria da Assimilação e da Retenção Significativas de David Ausubel.....	30
2.5.1	Características básicas da Aprendizagem Significativa	31
2.5.2	Assimilação	32
2.5.3	Formas de Aprendizagem Significativa – Teoria da Assimilação	34
2.5.3.1	Aprendizagem subordinada	34
2.5.3.1.1	Subsunção derivativa.....	34
2.5.3.1.2	Subsunção correlativa	35
2.5.3.2	Aprendizagem superordenada ou subordinante	35
2.5.3.3	Aprendizagem combinatória.....	36
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	38
3.1	Tipo de pesquisa e processo de validação	38
3.2	Local da pesquisa	38
3.3	Estudantes participantes da pesquisa	39
3.4	Instrumentos de coleta de dados.....	41
3.5	Detalhes das fases da pesquisa	42
3.5.1	Primeira fase da pesquisa: análise preliminar	42
3.5.2	Segunda fase da pesquisa: concepção e análise à priori das situações didáticas	43
3.5.3	Terceira fase da pesquisa: experimentação	44
3.5.4	Quarta fase da pesquisa: análise à posteriori e validação.....	44
3.5.4.1	Cuidados éticos.....	44
3.6	Análise estatística dos dados	44

3.6.1	Análise estatística de um teste.....	44
3.6.1.1	Análise da consistência interna.....	45
3.6.1.2	Método de Kuder-Richardson (coeficiente de fidedignidade do escore total).....	46
3.6.1.3	Análise de itens do um teste	47
3.6.1.3.1	Índice de dificuldade do item	47
3.6.1.3.2	Índice de discriminação do item	47
3.6.2	Estatística descritiva	48
3.6.3	Teste de hipóteses.....	49
4	ANÁLISE PRELIMINAR: 1ª FASE DA PESQUISA	52
4.1	Dimensão epistemológica: aspectos históricos e científicos da cinemática ..	52
4.2	Dimensão didática: como a cinemática é ensinada no ensino fundamental	56
4.3	Dimensão cognitiva: aspectos cognitivos relacionados ao conteúdo de cinemática escalar	59
4.3.1	Gráficos da cinemática	61
5	CONCEPÇÃO E ANÁLISE À <i>PRIORI</i> DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS: 2ª FASE DA PESQUISA.....	64
5.1	Propósito, variáveis e hipóteses da pesquisa.....	64
5.1.1	Objetivo geral	64
5.1.2	Variáveis	64
5.1.3	Hipóteses	64
5.1.4	Objetivos específicos	65
5.2	Pressupostos para a concepção da sequência de ensino	65
5.2.1	Organização da sequência de ensino	66
5.2.2	Sistema de aquisição automática de dados com sensor sonar e plataforma Arduino	67
5.3	Concepção das situações didáticas para o ensino de MRU e MRUV.....	71
5.3.1	Descrição Geral	71
5.3.2	Classificação das situações didáticas	77
5.4	Colhendo dados <i>à priori</i>	81
5.5	O teste de conhecimento de cinemática.....	82
5.5.1	Análise da fidedignidade do teste de conhecimento.....	82
5.5.2	Análise de itens do teste de conhecimento	83
6	EXPERIMENTAÇÃO DA ENGENHARIA: 3ª FASE DA PESQUISA.....	86
6.1	Disposição do sistema de aquisição automática de dados na sala de aula ...	86

6.2	Desenvolvimento das aulas.....	89
6.3	Ilustração de uma sessão de aulas da sequência de ensino.....	92
7	ANÁLISE À POSTERIORI E VALIDAÇÃO: 4a FASE DA PESQUISA ..	95
7.1	Teste de conhecimento	95
7.1.1	Fidedignidade do teste	95
7.1.2	Análise de itens do teste	95
7.1.3	Estatística descritiva	97
7.1.4	Teste de hipóteses para a variável desempenho	99
7.2	Teste de motivação para aprender	102
7.2.1	Estatística descritiva	102
7.2.2	Teste de hipóteses para a variável motivação para aprender	106
7.3	Guias de Atividade	109
7.3.1	Atividades de MRU	109
7.3.1.1	Quanto a dimensão factual do conhecimento e a dimensão compreender do processo cognitivo	109
7.3.2	Atividades de MRUV	121
7.4	Opinião dos estudantes participantes.....	127
7.5	Reflexões do professor pesquisador	133
8	CONCLUSÃO	135
	REFERÊNCIAS	137
	APÊNDICES	142
	ANEXOS	193

1 INTRODUÇÃO

1.1 Trajetória docente

É indiscutível que a escola que conhecemos atualmente está constantemente sofrendo mudanças, seja na forma de ensinar ou no que se ensina. São modificações que na maioria das vezes estão relacionadas à sociedade na qual está incluída, introduzidas pelo público que a frequenta, ou por mudanças sugeridas, ou impostas, por governos. Cada vez mais distante de ser uma instituição isolada da sociedade a qual pertence, a nova dinâmica também exige desafios inéditos no trabalho dos professores, ficando clara a necessidade de modificações em algumas atitudes, como a busca por aperfeiçoamentos que distanciem suas atuações pedagógicas de modelos já ultrapassados. O ensino atualmente carece de troca da característica unilateral e formal ainda praticada em nossas escolas. Sob uma nova perspectiva de valorização das relações entre os envolvidos, fomentando o desenvolvimento de novas competências, buscando o senso crítico dos estudantes, o ensino possibilitará um envolvimento voluntário dos estudantes na construção de novos conhecimentos.

O professor, como responsável pelas ações em sala de aula e planejamento de suas atividades, ao utilizar recursos adequados para aquisição de novos significados, estará contribuindo para a aprendizagem significativa de novos conteúdos. Dentro dessa perspectiva é que se insere este trabalho, baseado em concepções pessoais construídas pelo autor ao longo de um caminho que tem como origem as primeiras séries do ensino fundamental e se estende até o presente momento, com a conclusão deste Curso de Mestrado Profissional. Filho de pais professores, influenciado pelos saberes adquiridos nas relações familiares e pelo convívio social foram algumas das principais características que contribuíram para a formação daquele que futuramente decidiria pela carreira do magistério e que, no decorrer de sua trajetória profissional, percebeu a importância do aprimoramento técnico constante, necessário para pôr em prática ações pedagógicas que envolvem seres humanos de concepções distintas. Atualmente inserido em uma sociedade em constante mudança, cada vez mais voltada para a tecnologia, onde a informação se propaga com grande rapidez, na qual os estudantes diferem consideravelmente daqueles que participaram do início de minha carreira profissional, percebo a necessidade de voltar o olhar para o passado, colocando ações já realizadas em perspectiva, instigando-me a reconsiderar episódios que à época pareceram corretos, mas que sobre concepções de ensino mais atualizadas poderiam ter sido melhores desenvolvidas. Com a consciência de que as transformações na área de educação são demoradas, uma vez que algumas

crenças foram firmemente alicerçadas ao longo do tempo, tornando-se obstáculos difíceis de serem transpostos, a experiência profissional e o contato diário com estudantes, reforçaram a necessidade da busca de novas alternativas metodológicas, que possibilitassem, mesmo que minimamente, uma contribuição voltada para à inovação.

1.2 Situando o Contexto

Dados estatísticos obtidos pelos órgãos responsáveis pela Educação Básica mostram que mesmo que as condições de acesso à escola estejam gradativamente melhorando as taxas de repetência ainda indicam índices altos, para as séries do ensino fundamental e do ensino médio, nas escolas públicas de nosso Estado. Especificamente em nossa cidade, o IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica, INEP/MEC), em 2011, ficou abaixo das metas estipuladas nas séries finais do ensino fundamental, bem como no 3º ano do ensino Médio. Isso motivou a Secretaria da Educação do Estado do Rio Grande do Sul a implementar uma reestruturação curricular que tem provocado uma pequena melhora nas taxas de aprovação (SEDUC-RS, p. 27). Paralelamente a isso, o Governo Federal, através do PROUCA (Projeto Um Computador por Aluno) em parceria com a Secretaria da Educação do Rio Grande do Sul (Projeto Província de São Pedro) está agindo no aspecto estrutural promovendo programas que disponibilizam equipamentos para suporte pedagógico nas escolas de sua responsabilidade. Notebooks, tablets, entre outros materiais, são fornecidos gratuitamente a professores e estudantes, objetivando a promoção da inclusão digital. Dessa forma, e conectados à Internet, as dimensões educacionais se ampliam, propiciando uma educação mais adequada ao mundo atual.

Especificamente na área das Ciências Naturais, tanto no ensino fundamental como no ensino médio, na área de Física, o índice de reprovação também é considerável, sendo, juntamente com a Matemática, um dos componentes curriculares que mais reprovam (IDEB, 2009-2011). Vários são os motivos para esse fato, entre eles está a falta de conhecimentos relativos a conteúdos escolares que permitam a aprendizagem em estudos posteriores. É constante, entre os professores, o relato do desconhecimento por parte dos estudantes de princípios básicos de Matemática e Física. Esse fato tem, além da reprovação, contribuído para a rejeição, por parte dos estudantes, desses componentes curriculares, aumentando, cada vez mais, o distanciamento entre a escola e o estudante, que considera os ensinamentos escolares dissociados de sua vida e, portanto, sem validade. Em uma perspectiva cognitivista da aprendizagem, as proposições expressas pelo professor e/ou material de ensino contêm vários

e significativos conceitos que devem interagir com ideias relevantes previamente existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. A ausência do estabelecimento de relações de significado pelo estudante nessa interação e/ou a ausência de conhecimentos prévios, resulta em uma aprendizagem apenas memorística, uma vez que a assimilação da informação não é armazenada na estrutura cognitiva do aprendiz de forma significativa. Portanto, a construção de conhecimentos que possam servir de base para a aprendizagem de novos saberes científicos é, sem dúvida, uma contribuição importante na vida escolar dos estudantes.

1.3 Estrutura da pesquisa e metodologia adotada

Nesta perspectiva, voltamos nosso olhar para os anos finais do ensino fundamental, especificamente o 9º ano, momento em que os estudantes são inseridos no conhecimento de conceitos físicos introdutórios e representações gráficas. Elaboramos uma sequência de ensino com o objetivo de possibilitar a participação ativa dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem, oportunizando-lhes a estruturação de novos conhecimentos físicos. A sequência de ensino é composta de 2 situações didáticas, cada uma com 1 atividade distribuída em 4 tarefas, num total de 16 horas/aula de 50 minutos. As situações didáticas são centradas no componente curricular Física, versando sobre conceitos iniciais da cinemática, especificamente MRU e MRUV. A sequência de ensino foi implementada durante os meses de março e abril de 2015 com o 9º ano do ensino fundamental de uma escola pública do interior do estado do Rio Grande do Sul, RS.

Como metodologia de pesquisa adotamos a Engenharia Didática de Artigue (ARTIGUE; PERRIN, 1991; ARTIGUE 2002; ARTIGUE 2009) que destaca a importância da “realização didática” na sala de aula a partir da união de conhecimentos práticos e teóricos. Na concepção das situações didáticas, articulamos a aprendizagem com a Teoria das Situações Didáticas de Gay Brosseau (2008) e a Teoria da Assimilação e da Retenção Significativas de David Ausubel (2002), uma vez que entendemos que a compreensão das interações sociais dos estudantes e de seus conhecimentos prévios são importantes no processo de ensino-aprendizagem. Para a concepção dos objetivos educacionais, adotamos a taxionomia proposta por Bloom et al. (1956) revisada por um grupo de especialistas e supervisionado por Karthwohl (2002) que se destaca como instrumento de avaliação do desempenho dos estudantes. O acréscimo do uso da taxionomia de Bloom revisada possibilitou um melhor planejamento pedagógico e o desenvolvimento das atividades propostas adequadas aos objetivos da Engenharia Didática.

Estes referenciais serviram de estrutura para o desenvolvimento das situações didáticas, com ações práticas e teóricas utilizando os recursos educacionais disponíveis.

Seguindo os pressupostos da Engenharia Didática, que se apresenta em 4 fases (análise preliminar; concepção e análise *à priori*; experimentação e análise *à posteriori* e validação), é realizado, durante a primeira fase, um estudo em três dimensões: a dimensão epistemológica, que trata das características do saber foco da pesquisa; a dimensão didática, relacionada aos aspectos de funcionamento do sistema de ensino, e a dimensão cognitiva, que diz respeito ao público alvo da pesquisa. Em seguida, já na segunda fase, são estabelecidas variáveis de controle e hipóteses de investigação, que serviram para controles de execução do estudo. A terceira fase foi caracterizada pela experimentação propriamente dita. Neste momento, colocamos em prática a sequência de ensino elaborada, analisando e verificando a efetividade das escolhas propostas através das variáveis de controle estabelecidas na etapa anterior. Este recurso permitiu a constante reflexão das dificuldades encontradas e dos sucessos obtidos, durante o encaminhamento das atividades de ensino-aprendizagem. Na última fase, análise *à posteriori* e validação, os resultados obtidos são analisados qualitativamente e quantitativamente para verificação da efetividade da sequência de ensino proposta.

Todo este processo de pesquisa e ação didática leva em conta um planejamento que se relaciona diretamente com atividades, recursos, instrumentos de avaliação e metodologia adotada. Os objetivos definidos em cada atividade devem ser claros, para que o professor possa dentro do que foi planejado, reconhecer seu sucesso ou fracasso, o que, neste último caso, terá como consequência uma reavaliação das hipóteses inicialmente estabelecidas e um replanejamento didático.

Dessa forma, a sequência de ensino produzida como um dos produtos da pesquisa é resultado de um processo dinamicamente gerado com condições de ser adaptada de acordo com o projeto educacional do professor e que, julgamos, poderá contribuir para a construção de conhecimentos prévios dos estudantes do ensino fundamental e para a promoção do estudo de ciências.

Conforme a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), o ensino fundamental é a formação básica do cidadão. É nessa etapa que o estudante deve desenvolver “a capacidade de aprender, tendo como meios básicos o pleno domínio da leitura, da escrita e do cálculo”, bem como “a compreensão do ambiente natural e social” (BRASIL, 1996, p. 12). Portanto, as situações didáticas propostas na sequência de ensino também pretendem despertar o interesse dos estudantes pelas ciências de forma gradativa, situando-os contextualmente ao seu mundo.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Dimensões da aprendizagem e do desenvolvimento de competências

Diferentes concepções e teorias de aprendizagem foram desenvolvidas desde o final do século XIX e tem fundamentado a pesquisa no ensino de ciências. A visão contemporânea de aprendizagem desenvolvida por Knud Illeris desde a década de 1990 tem suas raízes se encontrando na combinação da concepção genético-cognitiva da aprendizagem de Jean Piaget e da teoria crítica da aprendizagem, proposta pela Escola de Frankfurt e fundamentada na psicologia freudiana e na sociologia marxista (2013). Illeris apresenta uma definição ampla de aprendizagem como “qualquer processo que, em organismos vivos, leve a uma mudança permanente em capacidades e não se deva unicamente ao amadurecimento biológico ou ao envelhecimento” (ILLERIS, 2013, p. 16) por entender que a aprendizagem é um processo que é influenciado e influencia a aprendizagem.

Na sua concepção de aprendizagem, este autor entende que várias condições biológicas, psicológicas e sociais influenciam e são influenciadas pela aprendizagem, com ênfase em condições internas e externas que estão envolvidas diretamente na aprendizagem. Assim, considera na sua formulação teórica dois processos básicos da aprendizagem, um interno e outro externo ao indivíduo: o processo externo se refere a interação do indivíduo com o meio, e o processo interno é um processo psicológico de elaboração e aquisição. Em geral, um processo ou outro é enfatizado em muitas das teorias de aprendizagem; por exemplo, na formulação teórica de Piaget (COLL et al., 2007), a ênfase é o processo interno de aprendizagem, enquanto que na formulação de Vygotsky (REGO, 2011) a ênfase é no processo externo da aprendizagem.

A Figura 1 apresenta a formulação esquemática do próprio autor, em que o processo externo de interação entre o indivíduo e o meio é representado como o processo de que dá base à aprendizagem e, portanto, é colocado na base do esquema, representado pela dupla seta vertical. Na parte superior do esquema, a seta dupla horizontal representa o processo interno de elaboração e aquisição de conhecimentos do indivíduo. A seta dupla faz referência a duas funções psicológicas envolvidas em qualquer processo de aprendizagem: “a função de administrar o conteúdo da aprendizagem e a função de incentivo e de prover e direcionar a energia mental necessária que move o processo [...] e deve-se enfatizar que essas duas funções sempre estão envolvidas e, geralmente, de maneira integrada.” (ILLERIS, 2013, p. 17).

Figura 1 - Processos, e dimensões da aprendizagem e do desenvolvimento de competências



Fonte: Baseado em Illeris (2013, p. 19)

Assim, as setas representam os dois processos básicos da aprendizagem: um processo externo, de interação entre o indivíduo e o meio e, um processo interno de elaboração e aquisição do indivíduo. Os três polos do triângulo formado representam as três dimensões da aprendizagem: a dimensão do conteúdo, a dimensão do incentivo e a dimensão da interação.

Quanto a dimensão do conteúdo, o autor assim se refere:

A dimensão do conteúdo diz respeito àquilo que é aprendido. Isso costuma ser descrito como conhecimento e habilidades, mas muitas outras questões, como opiniões, *insights*, significados, posturas, valores, modos de agir, métodos, estratégias, etc. podem estar envolvidas como conteúdos da aprendizagem e contribuir para construir a compreensão e a capacidade do aprendiz. A busca do indivíduo envolve construir significado e capacidade para lidar com os desafios da vida prática e, assim, desenvolver uma *funcionalidade* pessoal geral (ILLERIS, 2013, p. 18).

Quanto a dimensão do incentivo:

A dimensão do incentivo proporciona e direciona a energia mental necessária para o processo de aprendizagem. Ela compreende elementos como sentimentos, emoções, motivação e volição. Sua função, em última análise, é garantir o equilíbrio mental contínuo do indivíduo e, assim, desenvolver simultaneamente uma *sensibilidade* pessoal (ILLERIS, 2013, p. 18).

O autor destaca que as dimensões, de conteúdo e do incentivo,

sempre são iniciadas pelos impulsos dos processos de interação e integradas no processo interno de elaboração e aquisição. Portanto, o conteúdo da aprendizagem está sempre, por assim dizer, “obcecado” com os incentivos em jogo (p. ex., se a aprendizagem é motivada por interesse, desejo, necessidade ou compulsão). De maneira correspondente, os incentivos sempre são influenciados pelo conteúdo, por exemplo, novas informações podem mudar a condição de incentivo (op. cit., 2013, p.18).

Quanto a dimensão da interação:

A dimensão da interação propicia os impulsos que dão início ao processo de aprendizagem, podendo ocorrer na forma de percepção, transmissão, experiência, imitação, atividade, participação, etc. Ela serve à *integração* pessoal em comunidades e sociedade e, assim, também constrói a socialidade do indivíduo. Todavia essa construção ocorre necessariamente por meio das duas outras dimensões (op. cit., 2013, p. 19).

2.2 Motivação para aprender

A concepção geral de motivação está relacionada à motivo, ao que move uma pessoa, ou a coloca em ação ou a faz mudar de curso, assegurando a sua persistência (BZUNECK, 2001). Atualmente, o conceito de motivação foi ampliado para incluir metas e objetivos pessoais na ação que move o indivíduo, e exprimem a razão das escolhas feitas e do esforço despendido (op. cit., 2001).

Em sala de aula, os efeitos imediatos da motivação do aluno consistem em ele envolver-se ativamente nas tarefas pertinentes ao processo de aprendizagem, o que implica ele ter escolhido esse curso de ação, entre outros possíveis e ao seu alcance. Tal envolvimento consiste na aplicação de esforço no processo de aprender e com a persistência exigida por cada tarefa. Como consequência, denomina-se desmotivado (e este é um conceito puramente descritivo) o aluno que não investir seus recursos pessoais, ou seja, que não aplicar esforço, fazendo apenas o mínimo, ou se desistir facilmente quando as tarefas lhe parecerem um pouco mais exigentes” (BUZUNECK, 2001, p. 11).

Os efeitos imediatos da motivação do estudante para aprender sobre o desempenho “será tanto melhor quando a motivação estiver num nível médio e decrescerá quando ela for ou mais baixa ou mais alta.” (op. cit., 2001, p. 17).

Níveis excessivamente elevados de motivação rapidamente acarretam fadiga. Mas o mais grave que aí surge a emoção negativa da ansiedade, cujo componente de

preocupação prejudica o raciocínio e a recuperação de informações armazenadas na memória, e, portanto, o desempenho acadêmico e até a própria aprendizagem [...]. Por isso, ao lado da ausência ou de um nível muito baixo de motivação, outro problema consiste exatamente em um aluno apresentar níveis excessivos de motivação, que implicam em alta ansiedade frente às exigências escolares. (BZUNECK, 2001, p. 17)

Os motivos intrínsecos e extrínsecos de motivação são assim apresentados por Guimarães (2001):

A motivação intrínseca refere-se à escolha e realização de determinada atividade por sua própria causa, por esta ser interessante, atraente ou, de alguma forma, geradora de satisfação. Tal comprometimento com uma atividade é considerado ao mesmo tempo espontâneo, parte do interesse individual, e autotélico, isto é, a atividade é um fim em si mesma. Desse modo, a participação na tarefa é a principal recompensa, não sendo necessárias pressões externas, internas ou prêmios por seu cumprimento. [...] Um indivíduo intrinsecamente motivado procura novidade, entretenimento, satisfação da curiosidade, oportunidade para exercitar novas habilidades e obter domínio. Está implícita nessa condição uma orientação pessoal para dominar tarefas desafiadoras, associada ao prazer derivado do próprio processo (op. cit., p. 37).

Por outro lado, os motivos extrínsecos da motivação compreendem o que se entende por motivação extrínseca:

A motivação extrínseca tem sido definida como a motivação para trabalhar em resposta a algo externo à tarefa ou atividade, como para a obtenção de recompensas materiais ou sociais, de reconhecimento, objetivando atender aos comandos ou pressões de outras pessoas ou para demonstrar competências ou habilidades. No contexto escolar, destaca-se uma avaliação cognitiva das atividades como sendo um meio dirigido a algum fim extrínseco, ou seja, o aluno acredita que o envolvimento na tarefa trará os resultados desejados, como, por exemplo, elogios, notas, prêmios ou ajudará evitar problemas (GUIMARÃES, 2001, p. 46).

A relação positiva entre motivação e desempenho é destacada pela autora:

Envolver-se em uma atividade por razões intrínsecas gera maior satisfação e há indicadores de que esta facilita a aprendizagem e o desempenho. Estes resultados devem-se ao fato de que, estando assim motivado, o aluno opta por aquelas atividades que assinam oportunidade para o aprimoramento de suas habilidades, focaliza a atenção nas instruções apresentadas, busca novas informações, empenha-se em organizar o novo conhecimento de acordo com os seus conhecimentos prévios, além de tentar aplica-lo em outros contextos. A percepção de progresso produz um senso de eficácia em relação ao que está sendo aprendido, gerando expectativas positivas de desempenho e realimentando a motivação para aquela tarefa ou atividade (GUIMARÃES, 2001, p. 38).

2.3 Aspectos da Teoria das Situações Didáticas de Guy Brousseau

Proposta por Guy Brousseau, na década de 80, a Teoria das Situações Didáticas é a referência básica para a metodologia da Engenharia Didática. Essa teoria é inspirada na concepção genético-cognitivista da aprendizagem, desenvolvida por Jean Piaget, a qual pressupõe ser o desenvolvimento cognitivo constituído por assimilações e acomodações dos esquemas do sujeito, baseado naquilo que ele já sabe, em interação com um meio que produz dificuldades e desequilíbrios. A adaptação dos esquemas do sujeito ao meio produz novas respostas e constituem indícios de reestruturação cognitiva ou novas aprendizagens.

Para Piaget (1971-1973) a construção do conhecimento se dá de forma *endógena*, em que o aprendiz passa do estado de menor conhecimento a outro de maior conhecimento, e que está intimamente relacionado com desenvolvimento pessoal do indivíduo cujo corpo de conhecimento é variável de indivíduo para indivíduo, segundo a vivência de experiências. (OLIVEIRA, 2013, p. 83)

Fundamentada na abordagem construtivista, a Teoria das Situações Didáticas, converge com os postulados de Jean Piaget na característica referente à interação, uma vez que ambas pressupõem que a aprendizagem resulta do relacionamento do ser humano, divergindo, porém, no aspecto de como esta relação se estabelece. Guy Brousseau evidenciou as interações sociais entre professores, aluno e meio. A importância deste aspecto foi enfatizada por Almouloud (2007), uma vez que este é responsável por “criar um modelo de interação entre o aprendiz, o saber e o *milieu* (ou meio) no qual a aprendizagem deve ser desenrolar” (op. cit., p. 31). Como um contraponto a teoria de Piaget, Brousseau assume que o meio, pensado como meio didático concebido por tudo que envolve o aluno (professor, atividades, tarefas, colega, recursos, sala de aula, laboratório, etc.), não retira a intencionalidade didática do professor no planejamento do ensino. Assim, na Teoria das Situações Didáticas, o planejamento do ensino pelo professor se dá no sentido de favorecer a construção de relações de significado do aluno com o conteúdo de ensino. Estas relações e as demais relações entre aluno, professor e conteúdo no contexto educativo constituem o sistema didático, parte integrante do que foi denominado por Brousseau de contrato didático. Elemento central da Teoria das Situações Didáticas, o contrato didático, fundamenta e possibilita a elaboração das situações didáticas.

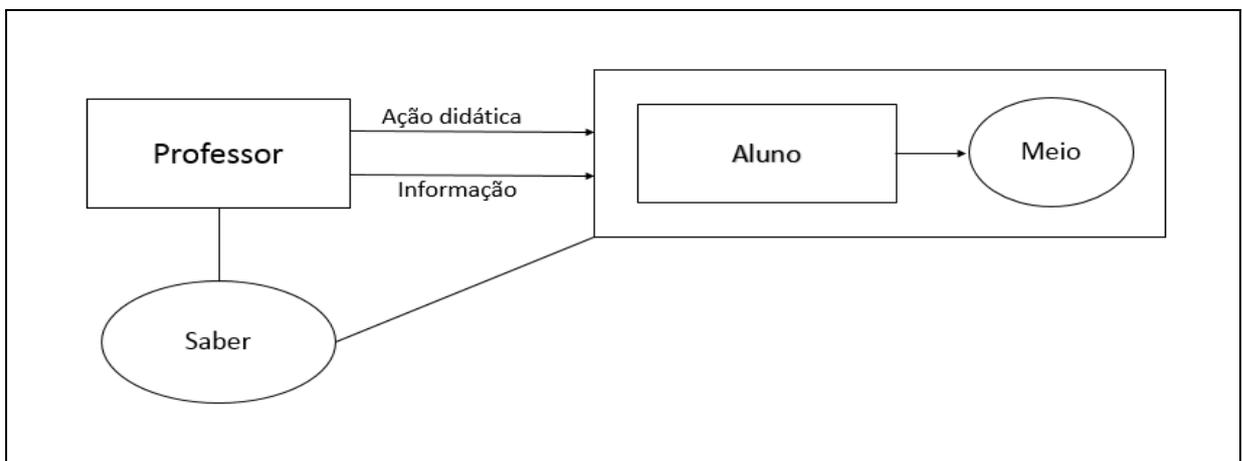
Portanto, uma situação didática é definida pelas relações que se estabelecem no meio didático entre estudantes, professor e conteúdo de ensino, reguladas pelo contrato didático entre professor e aluno (Figura 2). Envolve todas as realizações que o professor deliberadamente planejou e construiu e as expectativas de aprendizagem para o aluno. Para Brousseau “[...] reservamos o termo *situações didáticas* para os modelos que descrevem as atividades do

professor e do aluno [...] é todo contexto que cerca o aluno, nele incluídos o professor e sistema educacional.” (BROSSEAU citado por FONSECA, 2012, p. 51).

Nas situações didáticas o professor tem apenas relativo controle, pois que no planejamento das situações didáticas o professor deve prever situações para as quais a responsabilidade da realização e da gestão das tarefas seja do aluno. Essas situações são chamadas por Brousseau de adidáticas. O professor deve reconhecer o elo existente entre situações didáticas e adidáticas, desenvolvendo sua aprendizagem com um olhar para a referência cultural dos estudantes. “Os conhecimentos ensinados e os saberes comunicados devem permitir que o aluno entre em todas as situações e práticas sociais não didáticas como sujeito maior, e não na qualidade de aluno.” (BROSSEAU, 2008, p. 9).

Nesse sentido, uma situação adidática é também uma situação didática preparada para que o aluno desenvolva atividades sem o controle direto do professor, responsabilizando-se pela sua realização.

Figura 2 - Situação didática



Fonte: Brousseau (2008, p. 54)

Brousseau (2008) classificou a implementação de sua teoria, denominando as situações de:

- a) Situação de ação: Quando o meio responde às ações de um sujeito com alguma regularidade, a informação resultante poderá servir de subsídio para futuras decisões, proporcionando a antecipação de respostas em futuras inferências. Uma vez que é possível ter uma ideia de como o indivíduo expõe o seu conhecimento pela observação de suas ações, ou declarações, do que ele apresenta levar em consideração, o professor poderá propor situações em que deverá mobilizar seus conhecimentos para resolução de um problema proposto. Uma

situação de ação tem por princípio que os estudantes mobilizem seus saberes, tomem decisões, para resolução de uma situação prática proposta, isto é, realizem ações imediatas, que resultem em conhecimentos de natureza operacional.

- b) Situação de formulação: Segundo Brousseau (2008, p. 29), “a formulação do conhecimento está relacionada com a capacidade de “retomá-lo (reconhecê-lo, identificá-lo, decompô-lo e reconstruí-lo em um sistema linguístico) ”. Necessariamente o meio onde a formulação do conhecimento se desenvolve deverá ter outro(s) sujeito(s), e envolve meios linguísticos diversos. Portanto, a comunicação das ações adotadas para solucionar um problema resolvido de forma implícita em uma situação ação (aquela onde o sujeito mobiliza seus conhecimentos) na forma explícita, caracteriza a situação formulação.
- c) Situação de validação: As situações anteriores, ação e formulação, associam processos empíricos ou culturais do estudante para garantir a “pertinência, a adequação, a adaptação ou a conveniência dos conhecimentos mobilizados” (BROSSEAU, 2008, p. 30). Nesta situação pressupõe-se que o aluno já tenha mobilizado informações necessárias para lidar com as questões propostas na situação didática. Aluno e professor fortalecem vínculos relacionados ao saber em jogo objetivando consolidar informações entre o meio e o conhecimento já consolidado. De acordo com Brousseau (op. cit., p. 61) “[...] um aluno não só deve comunicar uma informação, como também precisa afirmar que o que diz é verdadeiro dentro de um sistema determinado. Deve sustentar sua opinião ou apresentar uma demonstração” (op. cit, p. 27).
- d) Situação de institucionalização: A consistência da aprendizagem planejada para a sequência didática, utilizando a descrição de fatos já observados e de seus possíveis vínculos com o conhecimento mobilizado, indicando em que situações estes poderão ser utilizados, possibilita a contextualização dos eventos vistos como processo de ensino, institucionalizando o conhecimento com o status de saber.

A progressão do conhecimento pode ser resultado de uma sequência de questionamentos que ocorrerem de forma espontânea, ou não, aos quais as sucessões de situações ação, formulação, validação e institucionalização podem conjugar-se para acelerar a aprendizagem. O estudante aprende imerso em um meio de contradições, dificuldades e desequilíbrios. O conhecimento consequente de sua adaptação, aparece em novas respostas, que podem ser estimuladas pelo professor ao confrontá-lo com novas situações que exigirão que o “aluno atue, fale, reflita e evolua” (BROUSSEAU, 2008, p. 32).

2.4 Engenharia Didática

A metodologia da Engenharia Didática originalmente foi desenvolvida como instrumento de pesquisa para dar conta das relações entre a pesquisa e a ação didática, como também como instrumento de desenvolvimento cujas produções da pesquisa da engenharia são obtidas no entrelaçamento da teoria com a prática (ARTIGUE; PERRIN, 1991; ARTIGUE, 2002; 2009; CARNEIRO, 2005). Artigue e Perrin (1991) enfatizam que as produções de pesquisa da engenharia, especificamente as sequências de ensino, não são produtos prontos para uso no ensino, mas que necessitam de adequações a novas realidades educacionais.

Criada na área da Didática da Matemática pela pesquisadora Michéle Artigue, na França, a Engenharia Didática tem inspiração no trabalho dos engenheiros que mesmo sendo profissionais com sólido conhecimento técnico, por vezes, enfrentam situações inéditas, onde é necessária a construção de novas soluções (CARNEIRO, 2005).

A Engenharia Didática é uma forma de trabalho didático comparável ao trabalho do engenheiro que, para realizar um projeto, se apoia em conhecimentos científicos de seu domínio, aceita se submeter a um controle de tipo científico, mas ao mesmo tempo é obrigado a trabalhar objetos mais complexos que os objetos depurados da ciência. (ARTIGUE, 1992, p. 42 apud OLIVEIRA, 2013, p. 132)

Valorizando o saber prático do professor, consciente de que os aspectos teóricos são insuficientes para captar em sua totalidade a complexidade do sistema educativo, Artigue desenvolveu a metodologia da Engenharia Didática, tendo por base a Teoria das Situações Didáticas de Brousseau, cujos resultados de pesquisa são produções voltadas para o ensino, possibilitando uma específica metodologia baseada em experiências obtidas em sala de aula, valorizando a sequência didática como o objeto experimental que possibilita a análise das diferentes etapas do ensino. Vinculada ao saber prático do professor e baseada no pressuposto de que as teorias desenvolvidas fora do ambiente de sala de aula são insuficientes para captar a diversidade existente, sugere a realização didática como prática de investigação. Esta característica relacionada à complexidade da sala de aula foi denominada por Artigue de *micro engenharia*, e de *macro engenharia*, todos os outros eventos associados ao ensino-aprendizagem. São duas características complementares, portanto imprescindíveis na elaboração dos objetos de pesquisa da Engenharia Didática, que reconhece, assim, a complexidade da sala de aula e o contexto da escola em que está situada como diversidades encontradas e que devem ser consideradas no planejamento da pesquisa. A articulação entre as

práticas de ensino e investigação, unindo fundamentos teóricos às práticas pedagógicas, pode ser compreendida como referencial para a elaboração de produtos para o ensino.

Como metodologia de pesquisa a Engenharia Didática tem como diferencial a validação realizada através de análises *à priori* e *à posteriori* diferenciando-se do padrão clássico das demais metodologias de pesquisa que utilizam o pré-teste e o pós-teste.

Um projeto de Engenharia em sua execução deve ser amparado por um planejamento, no qual são previstas etapas de realização dos trabalhos. Dessa mesma forma, a Engenharia Didática, segundo Artigue e Perrin (1991), inclui quatro fases: análise preliminar, concepção e análise *à priori* de situações didáticas, implementação da experiência, análise *à posteriori* e validação da experiência.

A primeira fase, análise preliminar, equivale a uma investigação que antecede à elaboração das situações didáticas e objetiva o estudo das dimensões epistemológica (análise da evolução histórica dos conceitos envolvidos), didática (especificidades do sistema de ensino) e cognitiva (características dos estudantes participantes da pesquisa, para a identificação de dificuldades e possíveis obstáculos nas concepções dos estudantes), obtendo, assim, subsídios para a concepção do planejamento das atividades didáticas. Portanto, a sondagem inicial deve realizar:

[...] considerações sobre o quadro didático geral e sobre conhecimentos didáticos já adquiridos sobre o assunto em questão, bem como: a análise epistemológica dos conteúdos contemplados pelo ensino, a análise atual e de seus efeitos, a análise da concepção dos alunos, das dificuldades e obstáculos que determinam sua evolução e a análise do campo dos entraves no qual vai se situar a efetiva realização didática (MACHADO, 1999, p. 201 citado por FONSECA, 2012, p. 65)

A segunda fase, concepção e análise *à priori* das situações didáticas, é equivalente à concepção das condições necessárias para realização da pesquisa. Nesta etapa são definidas as variáveis globais que são entendidas como aquelas que dizem respeito à pesquisa como um todo, e as hipóteses de investigação.

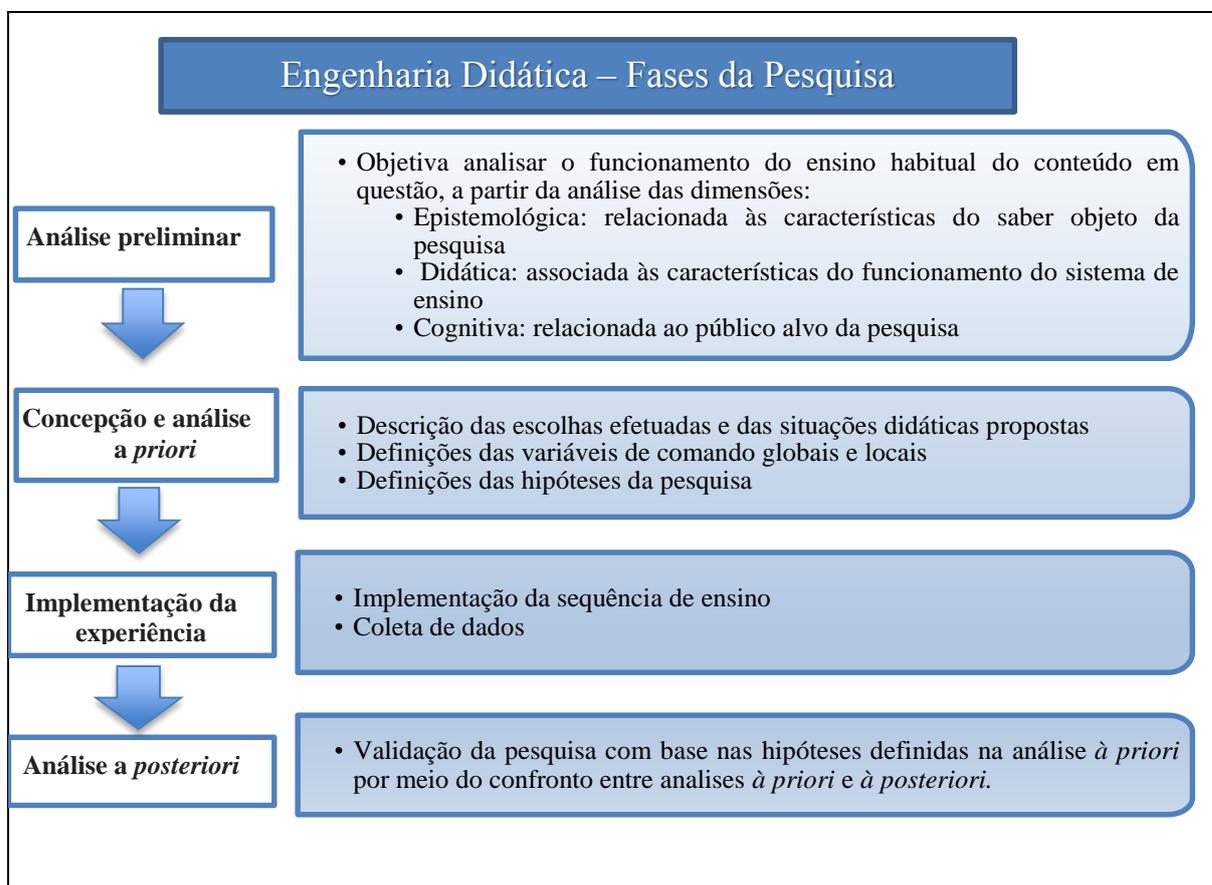
A terceira fase faz referência à experimentação. Aqui as intervenções planejadas na sequência didática são executadas. Os estudantes tomam conhecimento dos objetivos e características do trabalho bem como da aplicação dos instrumentos de pesquisa, tais como a responsabilidade pelo registro de descrições de suas participações. O professor pesquisador nesta etapa efetuará suas observações por escrito ou utilizando equipamento audiovisual.

A quarta e última fase trata da análise *à posteriori* que, para a Engenharia Didática, é o momento da confrontação com as análises *à priori*. As observações coletadas durante as

atividades didáticas servirão de subsídios para a verificação das hipóteses estabelecidas. O confronto entre as análises *à priori* e *à posteriori* “consiste em investigar aquilo que foi considerado nas hipóteses e que, na prática, sofreu distorções, deixando de ser válido” (CARNEIRO, 2005, p. 23), sendo, portanto, desnecessária a avaliação de grupos externos para sua validação.

O diagrama da Figura 3 ilustra as fases da pesquisa com a metodologia da Engenharia Didática.

Figura 3 - Fases da metodologia da pesquisa



Fonte: Construção do autor

2.5 Aspectos da Teoria da Assimilação e da Retenção Significativas de David Ausubel

A proposta central da teoria de Ausubel é a de que uma informação se relaciona a uma nova informação, de forma substantiva e não arbitrária, interagindo com uma estrutura de conhecimento já previamente existente, denominado subsunçor através de um processo por ele denominado de aprendizagem significativa. O subsunçor é “um conceito, uma ideia, uma

estrutura cognitiva que serve de ‘ancoradouro’ de tal forma que o novo conhecimento adquira significado para o indivíduo” (MOREIRA, 2006, p. 15). Outros conceitos, ideias, proposições poderão, então, ser aprendidos significativamente já que os subsunçores existentes são também modificados no processo durante a interação.

Não se trata simplesmente de uma influência de conceitos, mas sim de modificações significativas na estrutura cognitiva devido a presença de uma nova ideia, que através de um processo de interação com conceitos já existentes resulta na assimilação da nova informação e, simultaneamente, na modificação da aprendizagem.

As alterações consequentes das modificações resultantes do crescimento dos subsunçores, devido à influência dos novos conceitos, tem por consequência o aumento de sua capacidade de conexões a novas informações. A existência de subsunçores está essencialmente ligada as aprendizagens de cada indivíduo e estruturadas de forma organizada na mente humana, onde fundamentos mais específicos são, “integradas à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva.” (MOREIRA, 2006, p. 16).

Assim, a organização hierárquica dos subsunçores, conseqüente das experiências sensoriais de um indivíduo, caracteriza sua estrutura cognitiva.

Opondo-se à aprendizagem significativa, Ausubel conceitua como “aprendizagem mecânica” aquela em que as informações não interagem com conceitos importantes já pré-existentes na estrutura cognitiva, isto é, inexistente a ligação com conceitos subsunçores. A nova informação desta forma não contribuirá de forma significativa para a aprendizagem.

2.5.1 Características básicas da Aprendizagem Significativa

Novos significados são adquiridos em resposta às proposições potencialmente significativas que se relacionam e se incorporam a estrutura cognitiva do indivíduo de forma não arbitrária e não literal (AUSUBEL, 2002, p. 82).

A característica de não-arbitrariedade está relacionada a conexão do material potencialmente significativo com conhecimentos previamente existente na estrutura cognitiva de forma específica, isto é, com os subsunçores. Esta interação integradora (AUSUBEL, 2002, p. 83) depende, portanto, da existência de situações significativas de aprendizagem nos estudantes e de materiais potencialmente significativos.

A incorporação de novos conhecimentos à estrutura cognitiva é realizada substancialmente, ou seja, somente a substância das novas proposições é assimilada de forma não literal. Assim, o mesmo conceito poderá ser expresso de formas diferentes e não precisamente como foi referido.

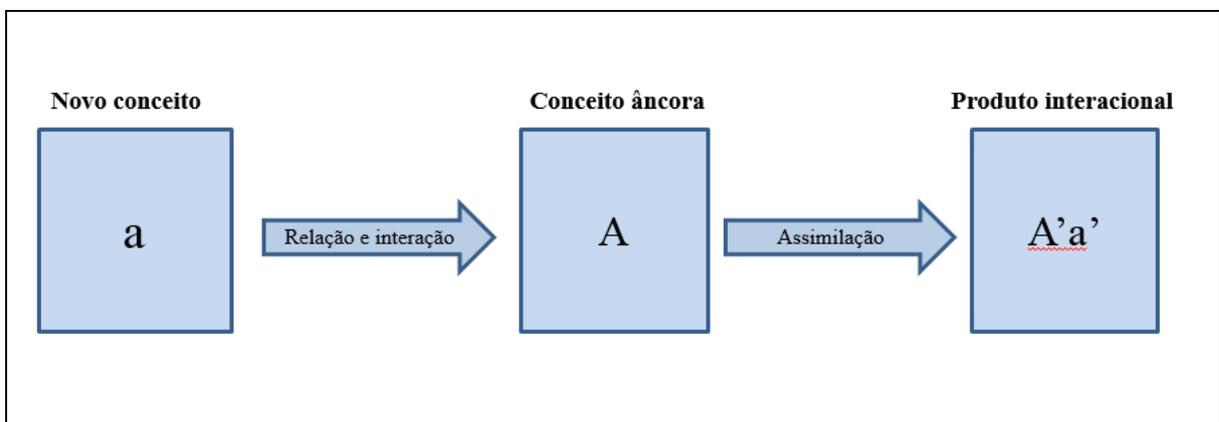
Portanto, em essência, o processo de aprendizagem significativa está no relacionamento não arbitrário e não literal de conceitos simbolicamente expressos através de materiais potencialmente significativos com os subsunçores.

Porém existem casos onde os estudantes não possuem subsunçores em sua estrutura cognitiva que possibilitem a aprendizagem significativa. Neste caso, Ausubel indica a utilização de organizadores prévios, que são materiais com nível de abstração mais altos, preparados com a finalidade de estabelecer ideias na estrutura cognitiva do estudante que propicie a aprendizagem significativa. Como exemplos pode-se citar textos, *softwares* ou filmes relacionados ao tema em estudo.

2.5.2 Assimilação

O processo de aquisição e organização dos significados na estrutura cognitiva foi introduzido por Ausubel na teoria da assimilação. Para Ausubel a assimilação resultante da interação entre um novo material e a estrutura cognitiva já existente resultam em novos significados e a relação entre ideias-âncoras e assimiladas permanece na estrutura cognitiva. A Figura 4 apresenta o princípio da assimilação de forma esquemática.

Figura 4 - Princípio da assimilação de acordo com Ausubel

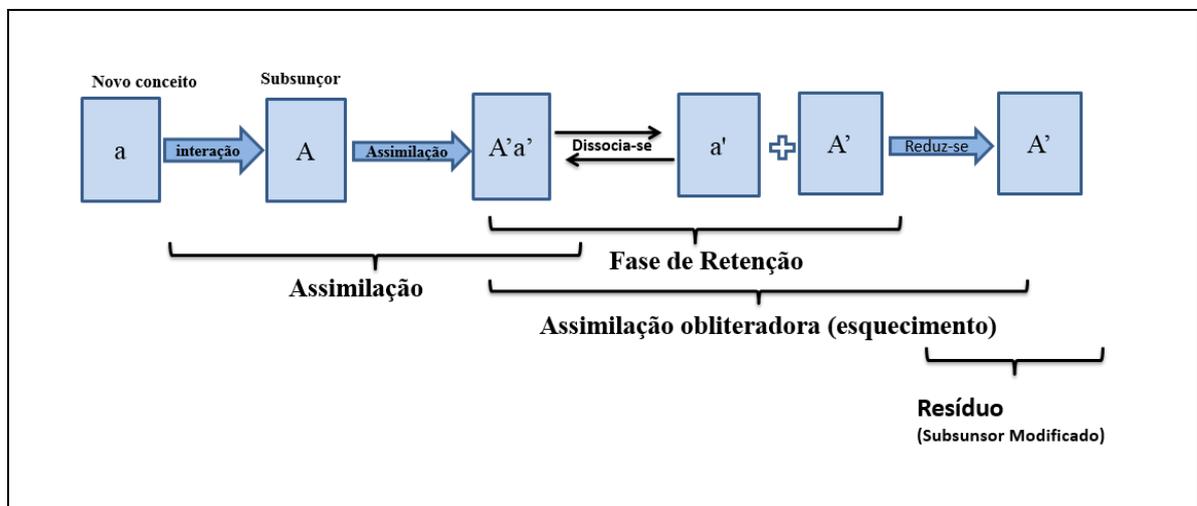


Fonte: Ausubel (2002, p. 169)

Através do *princípio da assimilação* um novo conceito a , por intermédio da relação e da interação com um conceito âncora A , previamente já estabelecido na estrutura cognitiva, é assimilado, ocorrendo durante o processo a alteração de ambos conceitos para uma forma de produto interativo $A'a'$. Pressupõe-se que o produto interacional $A'a'$ estabelecido na estrutura cognitiva seja maior e mais complexo, “que constitui um novo significado para o estudante” (AUSUBEL, 2002, 171), formado por um novo conceito a' composto à um novo conceito âncora A' derivado da interação entre os conceitos originais. Na fase da retenção, o produto $A'a'$ se dissocia nos novos conceitos a' e A' . Tais processos estão ilustrados na Figura 5.

Porém, a relevância dos processos de assimilação não se reduz a aquisição e retenção de significados, mas envolvem também um mecanismo de esquecimento subjacente, uma vez que o significado de novos conceitos, no decorrer do tempo, tende a ser assimilado por novas ideias estabelecidas. Neste estágio, o novo conhecimento torna-se progressivamente dissociável na estrutura cognitiva que é a fase da assimilação obliteradora (esquecimento). Ao atingir um estágio onde os subsunçores podem não ser mais reproduzíveis individualmente, o produto interacional $A'a'$ reduz-se a A' . (Figura 5). Segundo Ausubel (2002, p. 171), “[...] a medida que processo de assimilação continua a decorrer, os significados de conceitos ou proposições componentes podem já não ser dissociáveis (recuperáveis) das respectivas ideias ancoradas, afirmando-se ter ocorrido uma assimilação obliterante ou um esquecimento significativo [...]”. O esquecimento é visto por Ausubel como uma “continuação temporal, natural, do mesmo processo de assimilação, o qual facilita a aprendizagem e a retenção significativa das informações” (MOREIRA, 2006, p. 39).

Figura 5 - Princípio da assimilação de acordo com Ausubel com a fase obliteradora



2.5.3 Formas de Aprendizagem Significativa – Teoria da Assimilação

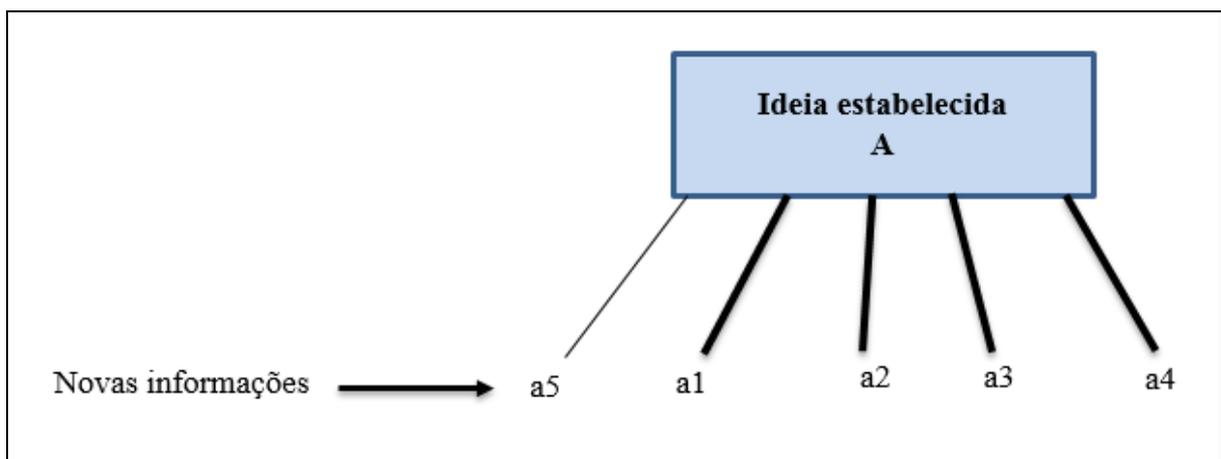
2.5.3.1 Aprendizagem subordinada

A interação de novas informações com subsunçores revela uma subordinação do novo conceito à estrutura cognitiva já existente, a qual se estrutura hierarquicamente em “relação ao nível de abstração, generalidade e inclusividade de ideias” (MOREIRA, 2006 p. 33). A esta forma de aprendizagem significativa dá-se o nome de *subordinada*, que de acordo com o tipo de subsunção divide-se em *derivativa* e *correlativa*.

2.5.3.1.1 Subsunção derivativa

Ocorre quando o material é um exemplo específico, ou apenas uma ilustração, de um conceito já existente na estrutura cognitiva. Neste caso, a compreensão surge rapidamente já que é derivada de um conhecimento já aprendido. Porém, os significados adquiridos desta forma podem sofrer os efeitos da assimilação obliteradora. A Figura 6 ilustra o processo da aprendizagem subordinada derivativa, em que novas informações derivam, de forma subordinada, de ideias mais inclusivas.

Figura 6 - Aprendizagem subordinada – subsunção derivativa



Fonte: Ausubel (2002, p. 177)

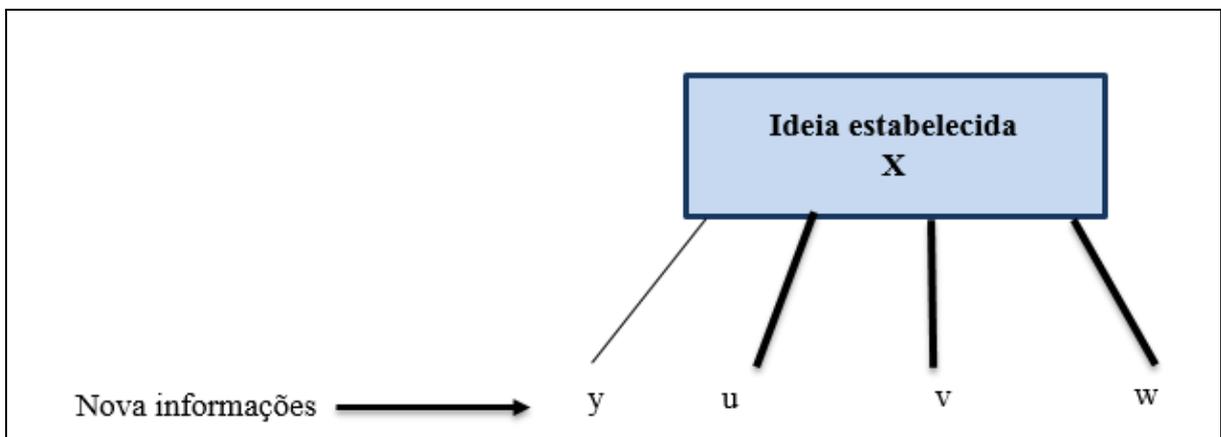
Para Ausubel “Na subsunção derivativa, a nova informação a5 está ligada a ideia subordinante A e representa outro caso ou extensão de A. Os atributos de critérios do conceito

A não se encontram alterados, mas reconhecem-se nos novos exemplos como relevantes. ” (AUSUBEL, 2002, p. 177).

2.5.3.1.2 Subsunção correlativa

Neste caso o material é uma “extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos ou proposições aprendidas” (MOREIRA, 2006, p. 33), e interage com subsunções mais inclusos, e o seu significado não pode ser representado completamente pelos subsunções. É o processo típico da aprendizagem. A Figura 7 ilustra o processo de subordinação correlativa.

Figura 7 - Aprendizagem subordinada: subsunção correlativa



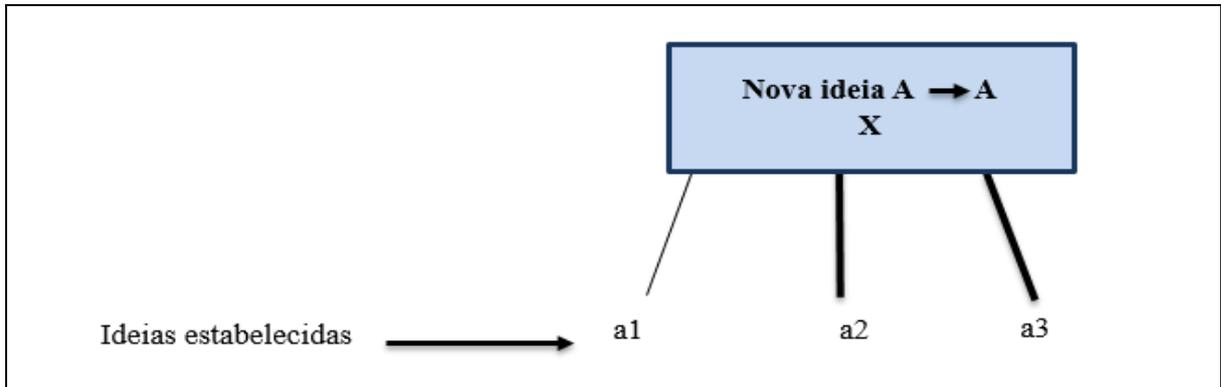
Fonte: Ausubel (2002, p. 177)

De acordo com Ausubel (2002, p. 177) “A nova informação y está ligada a ideia X, mas é uma extensão, alteração ou qualificação de X. Os atributos de critério do conceito de subsunção podem alargar-se ou alterar-se com a nova subsunção correlativa. ” .

2.5.3.2 Aprendizagem superordenada ou subordinante

Esta forma de aprendizagem ocorre quando uma proposição potencialmente significativa mais geral que conceitos relacionados já estabelecidos na estrutura cognitiva passa assimilá-los, gerando uma nova proposição superordenada que abrange os conceitos originais e os novos atributos. Assim, subsunções já existentes interagindo com os novos conceitos poderão originar novos subsunções mais abrangentes, como ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Aprendizagem superordenada



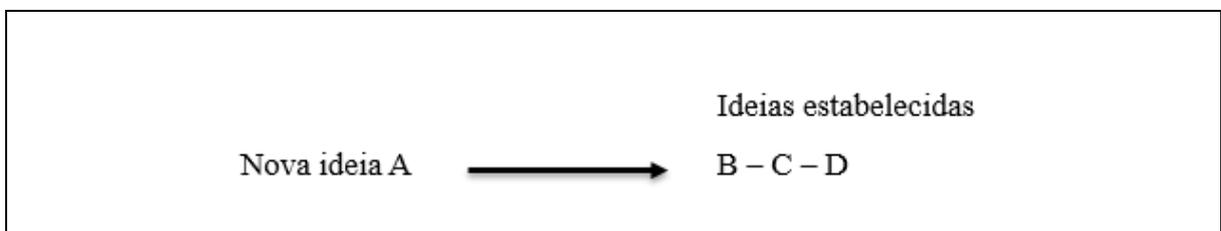
Fonte: Ausubel (2002, p. 177)

Segundo Ausubel (2002, p. 177) “na aprendizagem subordinante, as ideias estabelecidas *a1*, *a2*, e *a3*, reconhecem-se com exemplos mais específicos da nova ideia *A* e tornam-se ligadas a *A*. A ideia subordinante *A* define-se como um novo conjunto de atributos de critérios que acompanham as ideias subordinadas”.

2.5.3.3 Aprendizagem combinatória

Aqui não há relação de subordinação ou superordenação a conceitos específicos, mas sim com conteúdo mais amplos, nem mais nem menos inclusos, como ilustrado na Figura 9. A nova proposição não é capaz de ser assimilada por outras proposições ou de assimilar, originando significados combinados, isto é, uma aprendizagem combinatória.

Figura 9 - Aprendizagem combinatória



Fonte: Ausubel (2002, p. 177)

Na aprendizagem combinatória a nova ideia *A* não é mais específica ou inclusiva que as ideias *B*, *C* e *D*, existindo apenas uma relação com alguns atributos das ideias pré-existentes.

Quando um conceito *A* aprendido por subordinação interage com subsunçores, ambos se modificam, levando a diferenciação progressiva do subsunçor. Este processo ocorre mais frequentemente na aprendizagem subordinada correlativa, pois nesta situação os subsunçores estão constantemente mudando e adquirindo novos significados, isto é, estão sendo progressivamente diferenciados. Na aprendizagem superordenada ou na combinatória, novas ideias podem ser reconhecidas como relacionadas a subsunçores já existente, resultando em uma reorganização da estrutura cognitiva do estudante que adquire novos significados. Ausubel denominou esta recombinação de reconciliação integrativa.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 Tipo de pesquisa e processo de validação

A metodologia de pesquisa que se adotou neste estudo envolve pressupostos da metodologia da Engenharia Didática e se distribui em quatro fases, como discutido anteriormente: estudo ou análise preliminar, concepção e análise *à priori*, experimentação, e análise *à posteriori* e validação. Essa metodologia tem características de pesquisa qualitativa, com a avaliação dos fenômenos educativos a partir dos dados retirados da experiência no meio natural onde eles ocorrem envolvendo a ação do pesquisador neste meio (MOREIRA, 2011, p. 76). Neste estudo, combinou-se análise qualitativa com análise quantitativa, cuja inserção dos instrumentos de coleta de dados limitou-se as fases da pesquisa *à priori*, experimentação e *à posteriori*, como será discutido na sequência, respeitando-se os pressupostos da metodologia da Engenharia Didática para a validação da experiência.

A validação da experiência seguiu os pressupostos da metodologia da Engenharia Didática, ou seja, se iniciou na fase *à priori* e se concluiu na fase *à posteriori* à fase da experiência. O tipo de validação feita foi, portanto, interna, ou seja, envolveu uma análise comparativa entre as expectativas do professor pesquisador relacionadas às aprendizagens dos participantes na fase da concepção da sequência de ensino (fase *à priori*) com as realizações didáticas que se efetivaram durante a fase da experiência ou realização da engenharia com a aplicação da sequência de ensino aos mesmos participantes.

3.2 Local da pesquisa

O estudo foi desenvolvido em uma escola pública de educação básica do interior do Rio Grande do Sul. Criada em 1970, a escola atende estudantes nas três modalidades de ensino: fundamental de nove anos, no turno da tarde; médio e politécnico, no turno da manhã; e, noite, e educação profissional, no turno da noite. Situada em um bairro predominantemente ocupado por famílias de classe média e média-baixa, tem sua equipe gestora composta por uma diretora, três vice-diretoras, duas supervisoras e duas orientadoras educacionais, distribuída em seus 3 turnos de trabalho. Atende atualmente aproximadamente 800 estudantes, sendo destes 28 com necessidades especiais. Conta com vários projetos de integração com a sociedade a qual pertence.

Na área pedagógica, o estabelecimento de ensino participa do projeto UCA (2013) (“Um Computador por Aluno”) que tem por objetivo de intensificar as tecnologias da informação e da comunicação (TIC) nas escolas, com a distribuição de computadores portáteis aos alunos da rede pública para a promoção da inclusão digital. Destaca-se, também, o atendimento educacional especializado, desenvolvido em uma Sala de Recursos Multifuncional (SRM), para o atendimento e construção de sistemas educacionais inclusivos, de forma que todos os estudantes tenham suas especificidades atendidas. A escola conta com um espaço para o desenvolvimento de aulas de ciências, que foi utilizado neste estudo.

A escola possui uma estrutura organizacional e político-pedagógica organizada e documentada no seu Plano Político Pedagógico (PPP, 2013) e no Regimento Escolar, tendo como missão “Oferecer educação de qualidade desenvolvendo habilidades que os tornem cidadãos competentes aprimorando seus potenciais para atuarem como agentes de transformação social” (PPP, 2013, p. 5) propondo, para isso, observar valores de “relacionamento humano, respeito a diversidade, tolerância, ética, competência, equilíbrio, responsabilidade” (op. cit., 2013, p. 6). Na sua proposta pedagógica, o PPP está alicerçado na “concepção do conhecimento como construção, preparando moral e intelectualmente o aluno, questionando a realidade das relações do homem com a natureza e com os outros, visando a transformação desta realidade dentro de um processo ativo, construtivo e crítico” (op. cit., 2013, p. 13) e incentiva a “ideia de aprender valorizando as tentativas experimentais, numa relação de autêntico diálogo entre professor e aluno” (op. cit., 2013, p. 13), em uma “[...] relação que deve ser horizontal onde o educador e educando se posicionam como sujeitos do ato conhecimento” (op. cit., 2013, p. 13); concebe o professor como “mediador e orientador nas relações interpessoais para que juntos possam colaborar e progredir na interação com o meio” e o estudante, comprometido com a construção do conhecimento, deve observar disciplina, colaboração e espírito crítico em situações experimentais.

3.3 Estudantes participantes da pesquisa

Participaram deste estudo, de forma voluntária e anônima, 19 estudantes dos 23 matriculados¹ de uma turma do 9º ano do ensino fundamental da escola citada que realizaram

¹ Os 23 estudantes integrantes da pesquisa foram identificados como E01, E02, E03, etc. até E23, sendo que os estudantes E07, E13, E20 e E21 não participaram da pesquisa por motivo de doença, evasão da escola, falta em atividade e não consentimento por parte dos responsáveis, respectivamente, resultando num total de 19 estudantes participantes. Durante o desenvolvimento da pesquisa a identificação dos estudantes inicialmente adotada não foi alterada, retirando-se somente os que não participaram.

todas as atividades, testes e questionário propostos durante a pesquisa. A intervenção didática e estendeu do mês de março ao mês de abril de 2015. Os participantes têm idades entre 14 a 16 anos, sendo que 10 deles são meninas e 10 são meninos (Quadro 1).

Quadro 1 - Idade, sexo e denominação dos participantes da pesquisa

Participante	Idade (anos)	Sexo	Participante	Idade (anos)	Sexo
E01	14	F	E12	16	M
E02	14	F	E14	14	F
E03	14	F	E15	16	M
E04	14	F	E16	14	F
E05	15	F	E17	15	M
E06	15	M	E18	14	F
E08	16	M	E19	14	F
E09	15	M	E22	14	M
E10	14	M	E23	15	M
E11	15	M	-	-	-

Fonte: Construção do autor

A turma submetida à intervenção didática foi definida por sorteio, realizado no início do mês de março de 2015, antes do início das atividades, com a participação dos professores orientadores desta pesquisa. Identificada como turma 92, é uma dentre o universo de 2 turmas que compõe o 9º ano do ensino fundamental, de acordo com informações fornecidas pela secretaria do colégio, formada predominantemente por estudantes oriundos de escolas que não tem em sua estrutura curricular o 8º ou 9º ano. Segundo o SOE (serviço de orientação escolar) são estudantes provenientes de instituições de ensino de pequeno porte. Em função deste aspecto, durante a aplicação da experiência, estava em andamento o processo de adaptação à nova realidade escolar, que poderia refletir-se no desempenho escolar de alguns participantes. Ainda de acordo com a orientadora educacional da escola, são estudantes críticos que desenvolvem suas atividades de maneira ordeira, responsável e respeitosa. Em depoimento informal, prestado pela professora titular da turma sorteada, durante uma sondagem realizada pelo professor pesquisador à esta professora, antes do sorteio, sobre as turmas do 9º ano do ensino fundamental, a turma escolhida ao acaso tem entre suas características principais o constante questionamento sobre os conteúdos expostos pelos professores. A inquietação

demonstrada representa, na opinião do pesquisador, um sinal da necessidade de mudanças em uma prática de ensino que nem sempre apresenta os resultados esperados.

3.4 Instrumentos de coleta de dados

Optou-se por utilizar instrumentos de coleta de dados de pesquisa antes, durante e após a realização da experiência (fase da experimentação).

Como instrumentos de coleta de dados de pesquisa aplicados durante a fase da experimentação, foram utilizados guias das atividades (APÊNDICE A e APÊNDICE B) que compõem a sequência de ensino, as observações do professor pesquisador e as gravações em áudio da realização das atividades em sala de aula.

A Engenharia Didática não exclui o uso de instrumentos de pesquisa que possam vir a ser utilizados antes e após a fase da experimentação. Segundo Artigue (2009, p. 11), “o processo de validação interna certamente não exclui o uso de instrumentos metodológicos, tais como pré-teste e pós-teste, questionários e entrevistas” (tradução nossa). Assim, optou-se por introduzir nas fases *à priori* e *à posteriori* da pesquisa, um teste de conhecimento e um teste de motivação para aprender. O teste de conhecimento é de múltipla escolha e está apresentado no APÊNDICE C, combinando questões elaboradas nesta pesquisa com questões oriundas de um teste padrão disponível na literatura (teste TUG-K, *Test of Understanding Graphs in Kinematics*) desenvolvido por Beichner (1994). O teste de motivação para aprender foi retirado da literatura, desenvolvido por Neves e Burochovitch (2007), no formato de teste de Likert (ANEXO A). Esses testes foram aplicados como pré-testes na fase *à priori* e, como pós-testes, na fase *à posteriori*. Também, na fase *à posteriori*, aplicou-se um questionário opinário aos estudantes participantes da pesquisa (APÊNDICE D).

Com a análise quantitativa e qualitativa que se fez com o uso dos instrumentos aplicados antes e após a fase da experimentação, se buscou maior entendimento dos processos de aprendizagem que se efetivaram durante a realização da experiência, triangulando dados quantitativos e qualitativos obtidos *à priori* e *à posteriori* à realização da experiência com os dados qualitativos obtidos durante a fase da experimentação.

O Quadro 2 apresenta as fases da pesquisa relacionadas a validação da experiência com os instrumentos utilizados em cada uma destas fases.

Quadro 2 - Fases da pesquisa relacionadas a validação da experiência e instrumento de coleta de dados utilizados, e cronograma de realização

Fases da pesquisa	Instrumento de coleta de dados	Cronograma de realização
Concepção e análise <i>à priori</i>	Teste de motivação para aprender (pré-teste) – ANEXO A (NEVES; BORUCHOVITCH, 2007)	10/03/2015
	Teste de conhecimento (pré-teste) – APÊNDICE C	17/03/2015
Experimentação	Guias das Atividades – APÊNDICE A e Erro! Resultado não válido para ndice.	24/03 a 05/05/2015
	Observações do professor pesquisador	24/03 a 05/05/2015
Análise <i>à posteriori</i>	Teste de motivação para aprender (pós-teste) – ANEXO A (NEVES; BORUCHOVITCH, 2007)	08/05/2015
	Questionário opinário dos estudantes participantes – APÊNDICE D	08/05/2015
	Teste de conhecimento (pós-teste) – APÊNDICE C	15/05/2015

Fonte: Construção do autor

3.5 Detalhes das fases da pesquisa

3.5.1 Primeira fase da pesquisa: análise preliminar

Nesta fase se buscou subsídios para a concepção das situações didáticas para o ensino de MRU e MRUV por meio de um estudo da literatura (livros, artigos, trabalhos em eventos, etc.), buscando construir um panorama abrangendo aspectos didáticos, epistemológicos e cognitivos relacionados ao ensino da cinemática na educação básica. Esta fase se desenvolveu principalmente no ano de 2014.

Na dimensão epistemológica, se buscou conhecer como os conceitos relacionados a movimento foram sendo construídos pela ciência; na dimensão didática, como este assunto é transposto como cinemática escalar no âmbito da mecânica clássica de partícula para o ensino fundamental e o ensino médio; e, na dimensão cognitiva, se buscou conhecer quais são as dificuldades de aprendizagem de estudantes do 9º ano do ensino fundamental e do ensino médio sobre conceitos e procedimentos envolvendo o ensino da cinemática.

Também se fez uma análise preliminar das dificuldades a serem enfrentadas para a implementação da experiência em escolas públicas, que é o campo de aplicação desta pesquisa.

3.5.2 Segunda fase da pesquisa: concepção e análise à priori das situações didáticas

A partir do estudo da fase preliminar, as situações didáticas para o ensino de MRU e de MRUV foram concebidas em sua primeira versão, concretizando-se em guias de atividade e tarefas voltadas para o público para quem a pesquisa iria se voltar. Esta primeira versão das situações didáticas foi testada em uma turma do 9º ano do ensino fundamental no ano anterior, entre os meses de agosto a novembro de 2014, na mesma escola pública de ensino.

O professor pesquisador não havia atuado, até o momento desta fase da pesquisa, no ensino fundamental, como também não tinha tido anteriormente experiência com a prática de ensino com uso de aquisição automática de dados para construção de conceitos/procedimentos com a participação ativa dos estudantes. A própria metodologia Engenharia Didática, que conjuga ação didática à pesquisa, foi fator de aprendizado para todos os envolvidos.

Esta ação resultou em uma reelaboração das situações didáticas, com um aprimoramento dos guias de atividades, a partir de um ajuste nos tempos necessários para o desenvolvimento das atividades com o apoio dos recursos tecnológicos propostos e a melhor compreensão dos comportamentos e das aprendizagens dos estudantes do 9º ano do ensino fundamental frente a interação com tais recursos e a forma ativa de aprender que esta interação resulta. Com esta ação, também se reestruturou o teste de conhecimento, e incorporou-se um questionário opinário à pesquisa após a fase da experimentação. Nos APÊNDICE A e APÊNDICE B, apresentam-se os guias de atividades aprimorados; no APÊNDICE C apresenta-se o teste de conhecimento reestruturado; e, no APÊNDICE D apresenta-se o questionário opinário que foi incorporado à pesquisa.

Com a reelaboração das situações didáticas e aprimoramentos/inclusão dos instrumentos de pesquisa, conforme apresentado no Quadro 2, foram aplicados o teste de conhecimento, em sua nova versão, bem como o teste de motivação para aprender (ANEXO A) a uma nova turma do 9º ano do ensino fundamental, na mesma escola, no mês de março de 2015.

Os dados coletados nesta fase da pesquisa para o teste de conhecimento foram analisados quanto a fidedignidade com a estatística Kurt-Richardson Fórmula 20 (KR-20), e a análise de itens realizada quanto a discriminação e a dificuldade dos itens. Para tanto, os dados foram organizados e tratados utilizando planilhas eletrônicas Excel com o uso do módulo de *software* estatístico *Real Statistics Using Excel*, desenvolvido por Charles Zaiontz (2015).

A seguir, foram estabelecidas algumas variáveis globais da engenharia e levantadas algumas hipóteses de trabalho, aprimoradas ao longo do processo da pesquisa a partir de novos estudos que foram realimentando o processo de pesquisa.

3.5.3 Terceira fase da pesquisa: experimentação

A pesquisa prosseguiu com a implementação da sequência de ensino pelo professor pesquisador na turma de estudantes do 9º ano do ensino fundamental, do mês de março a abril de 2015. Foram utilizados como fonte de dados de pesquisa os guias de atividade, as observações do professor pesquisador e as gravações em áudio e vídeo durante o desenvolvimento das atividades.

3.5.4 Quarta fase da pesquisa: análise *à posteriori* e validação

Nesta fase, é feita uma comparação entre os resultados obtidos durante a experimentação e aqueles previsto na fase *à priori*, concluindo-se acerca das hipóteses formuladas.

3.5.4.1 Cuidados éticos

O protocolo de pesquisa seguiu com a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos pais dos estudantes que se voluntariaram a participar da pesquisa, ou seus responsáveis. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é apresentado no APÊNDICE E.

Um Termo de Anuência foi assinado pela direção da escola para a realização da pesquisa (APÊNDICE F).

3.6 Análise estatística dos dados

3.6.1 Análise estatística de um teste

Em pesquisas educacionais que tem por meta a produção de uma sequência de ensino com características inéditas, o professor/pesquisador tem por pressuposto a sua reprodutibilidade, isto é, que o produto didático idealizado, tendo atingido os resultados

previstos para as atividades pedagógicas, torne-se um recurso didático que poderá ser utilizado futuramente por outros professores com as adequações que se fizerem necessárias a nova realidade educacional. Para verificação dos resultados esperados, o professor/pesquisador deverá munir-se de instrumentos de medida estatisticamente comprovados como válidos, indicando que os resultados serão presumivelmente iguais se a sequência de ensino for reproduzida dentro das mesmas circunstâncias.

Uma pesquisa de qualidade pressupõe que os instrumentos de coleta de dados, base para a análise de seus resultados sejam bons, evitando, desta forma, más interpretações que certamente levarão a conclusões erradas a respeito da investigação. Na área educacional os pesquisadores utilizam comumente testes para identificar e verificar hipóteses, produzir análises e inferências. Na seleção dos testes duas características são desejáveis: fidedignidade e validade (ROSA; MOREIRA, 2007). A primeira identifica se o teste tem medidas acuradas e consistentes quando aplicado em diferentes épocas, reproduzindo o mesmo resultado se aplicado duas vezes na mesma circunstância (ROSA; MOREIRA, 2007). A segunda característica indica se ele mede o que se propõe medir. A fidedignidade não é indicativa de validade, porém o inverso é verdadeiro, isto é, um teste pode ser fidedigno e não válido, mas um teste válido é sempre fidedigno. “Por fidedignidade entende-se a exatidão dos dados no sentido de sua estabilidade, repetitividade ou precisão. Um instrumento de coleta de dados perfeitamente fidedigno é aquele que se administrado duas vezes na mesma circunstâncias forneceria os mesmos resultados.” (FOX citado por ROSA, 2007, p. 19).

Como medida de fidedignidade, neste trabalho adotamos o coeficiente de correlação item-total para variáveis dicotômicas denominado KR-20 proposto por Kuder e Richardson (1937).

A análise dos itens que compõem o teste também constitui uma parte importante de pesquisas que tratam de mensurações educacionais. Nesta pesquisa, a homogeneidade de cada item em relação ao teste foi calculada pelo índice de discriminação, e o grau de dificuldade dos itens obtido através do índice estatístico denominado índice de dificuldade.

3.6.1.1 Análise da consistência interna

Segundo Rosa e Moreira (2007) a análise de consistência interna é parte indispensável do processo de pesquisa, e útil como instrumento de avaliação de pesquisas educacionais (LIRA, 2004). Para a análise da fidedignidade, ou confiabilidade, de um teste uma ferramenta estatística utilizada é a correlação. O cálculo do coeficiente de correlação tem como resultado

valores que variam de 0,00 a 1,00. Esta escala indica para 0,00 nenhuma fidedignidade e 1,00 para uma perfeita fidedignidade. Em pesquisas educacionais admite-se que valores acima de 0,70 são aceitáveis (BISPO, 2007). Segundo Rosa e Moreira (op. cit., p. 84) “é muito comum na prática docente que o professor some escores de itens isolados de testes compondo, assim, um escore o que é usado para análises e inferências”. O fato de obtermos resultados positivos em testes, utilizando o critério de somarmos escores não é indicativo de que os resultados obtidos se referem ao conjunto de conceitos e/ou habilidades que estão sendo objeto de análise. A análise da consistência interna utiliza este indicativo correlacionando-o ao desempenho dos participantes do teste como um todo, indicando se alguma questão do teste não está medindo o que as demais questões se propõem a medir, possibilitando a sua eliminação ou alteração. A consistência interna é parte indispensável no processo da pesquisa uma vez que “sem essa etapa, a soma de escores atribuídos a itens particulares não pode ser feita e toda a inferência a partir desse escore total será sem significado” (op. cit., 2007, p. 84).

3.6.1.2 Método de Kuder-Richardson (coeficiente de fidedignidade do escore total)

O método de Kuder-Richardson (coeficiente de fidedignidade do escore total) busca o aspecto da consistência interna da fidedignidade para variáveis dicotômicas. Utiliza o coeficiente proposto por Kuder e Richardson (1937), chamado de KR-20. O K e o R são as iniciais de seus nomes e o número 20 refere-se à vigésima equação desenvolvida por eles (LIRA, 2007). No método, para cada questão ou item avaliado há uma forma de pontuação, que pode ser “certo ou errado”, “0 ou “1”, ou outro tipo de pontuação adequado às mensurações.

A estimativa de confiabilidade é dada por:

$$\hat{\rho}_{xx} = \frac{n}{n-1} \frac{S_x^2 - \sum_{i=1}^n p_i q_i}{S_x^2} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n p_i q_i}{S_x^2} \right] \quad (1)$$

em que, $\hat{\rho}_{xx}$ é o coeficiente de confiabilidade de Kuder-Richardson, n é o número de itens, $\sum_{i=1}^n p_i q_i$ é a soma do produto de proporções de acertos e erros de cada item i , e S_x^2 é a variância de escores do teste obtida por,

$$S_x^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (escj - \overline{esc})^2}{N-1} \quad (2)$$

em que N é o número total de participantes do teste, esc_j é o total de escores do teste para cada participante j , e \overline{esc} é a média de escores do teste.

3.6.1.3 Análise de itens do um teste

3.6.1.3.1 Índice de dificuldade do item

Um item pode ser considerado ideal quando metade dos pesquisados acerta e a outra metade erra (ESPIRITO SANTO, 1978, p. 38), portanto com um nível médio de dificuldade. O índice de dificuldade pode ser calculado pela proporção de estudantes que escolheu corretamente um determinado item,

$$\text{Proporção de acertos} = \frac{\text{número de participantes que escolheu a opção certa}}{\text{número de participantes}} \quad (3)$$

obtendo valores para o índice de dificuldade entre 0,00 e 1,00, em que valores próximos de 1,00 indicam itens de baixa dificuldade (elevado número de acertos) e valores próximos de 0,00 indicam itens de elevada dificuldade (baixo número de acertos).

Valores cujo índice de dificuldade são muito próximos de 0,00 ou muito próximos de 1,00 não discriminam os participantes que tem o conhecimento ou habilidade que o item se refere, e por isso, não são aceitáveis. Um valor de dificuldade do item próximo de 0,00 pode indicar que o grupo de participantes não possui o conhecimento a que o item se refere ou que o item não está bem formulado.

Porém, para termos uma análise mais precisa devemos também considerar a proporção de estudantes que errou o item. Esta complementação da análise é importante para determinação das questões que não servem para distinguir os estudantes que realmente sabem dos que não sabem. Essa afirmação baseia-se na ideia de que as opções corretas atraem os estudantes que mais sabem, enquanto os que menos sabem escolhem as opções erradas. Aqui tem-se como princípio que o professor tenha mesclado questões de diferentes graus de dificuldade no mesmo teste.

3.6.1.3.2 Índice de discriminação do item

O índice de discriminação do item mede a consistência do item no teste como um todo. Um valor elevado para o índice indica coerência entre o teste como um todo e o item. A homogeneidade do teste está diretamente relacionada com os índices de discriminação dos itens que o constitui.

O índice de discriminação fornece uma medida da capacidade de um item de discriminar estudantes participantes do teste com alta capacidade ou habilidade daqueles com baixa capacidade ou habilidade. Com isso, os participantes são separados em dois grupos: um grupo de alta capacidade ou habilidade, e outro grupo de baixa capacidade ou habilidade. Usualmente cada um dos grupos é formado por aproximadamente 1/3 dos participantes. O índice de discriminação é calculado através da diferença entre a proporção de cada grupo que respondeu corretamente o item do teste. Nos testes que geram uma variável dicotômica, como o teste de conhecimento elaborado neste trabalho, o índice de discriminação poderá assumir valores entre -1,00 e +1,00.

Um índice de discriminação de 0,50, ou superior, é considerado excelente, cujo item discrimina um grupo do outro; e, um índice de discriminação 1,00 discrimina totalmente um grupo do outro.

Por outro lado, um valor para o índice de discriminação próximo de 0,00 indica que o item não discrimina entre os dois grupos, ou seja, não discrimina entre estudantes que tiveram alto desempenho daqueles que tiveram baixo desempenho; e, um valor negativo para o índice de discriminação indica que estudantes do grupo de baixo desempenho tendem a acertar o item mais vezes do que estudantes, indicando que o item não é aceitável.

3.6.2 Estatística descritiva

Para investigação, descrição e resumo dos resultados dos testes de conhecimentos e motivação para aprender foi utilizada a estatística descritiva, notadamente as medidas de tendência central, com o uso da média aritmética e a mediana, e a dispersão de dados, através do desvio padrão e da faixa interquartil. A média aritmética é obtida a partir da razão entre a soma dos dados e número de elementos considerados, já a mediana é o valor que ocupa a posição central de um conjunto de dados ordenados. A média aritmética pode ser afetada pelos valores extremos (*outliers*), isto é, quando existem no conjunto de dados valores discrepantes, devido à variabilidade na medida ou um erro experimental, o resultado da média apresenta uma medida que pode não ser apropriada. Já a mediana, por ser o valor que ocupa a posição central da série de observações obtidas após sua ordenação e divisão do conjunto de valores em duas

partes inferiores e superiores a ela, tem menor sensibilidade aos valores atípicos que eventualmente possam estar presentes no conjunto de dados.

O grau pelo qual os dados numéricos tendem a se dispersar em torno de um valor médio é chamado de dispersão ou variabilidade. Nesta pesquisa foram utilizadas as medidas de dispersão desvio padrão e faixa interquartil. O desvio padrão mostra o quanto de variação existe dos dados em relação à média, e a faixa interquartil é definida como a diferença entre o quartil superior (Q3) e o quartil inferior (Q1) do conjunto de dados. O quartil inferior (Q1) é a faixa abaixo de onde estão um quarto dos dados e o quartil superior (Q3) é a faixa abaixo de onde estão valores abaixo de três quartos. Os quartis são obtidos após a ordenação crescente e divisão dos dados em quatro conjunto iguais. O quartil Q1 corresponde aos valores que ficam na divisão entre o primeiro e o segundo conjunto e o quartil Q3 são os valores que ficam entre o terceiro e o quarto conjunto.

A distribuição normal, também conhecida como gaussiana, é a mais empregada das distribuições de probabilidade cuja análise estatística pode ser feita com dados da própria amostra, utilizando-se a média, mediana e desvio padrão. A média refere-se ao centro da distribuição e o desvio padrão ao achatamento da curva. A distribuição normal é simétrica em torno da média indicando que a média e a mediana são coincidentes. Se a distribuição dos dados não for perfeitamente normal, o que pode acontecer em pequenas amostras, o desvio padrão e a média são usados com aproximações. Para analisar esta situação utilizamos o teste de normalidade denominado Shapiro-Wilk, com o objetivo de constatar se o conjunto de observações poderia ser proveniente de uma distribuição normal.

3.6.3 Teste de hipóteses

Para inferência estatística utilizou-se a análise comparativa do teste de hipóteses baseados nos testes conhecimentos e de motivação, antes e após a aplicação da engenharia didática. Uma hipótese estatística é uma suposição relacionada as variáveis em estudo e que ainda são desconhecidas e o teste de hipóteses serve para testá-las. Para sua execução são elaboradas duas hipóteses conflitantes: uma hipótese nula (H_0), que corresponde aos aspectos das variáveis que desejamos rejeitar; e uma hipótese alternativa (H_1) onde se especifica os valores que se pretende que os parâmetros confirmem. Na Quadro 3 estão exibidas as hipóteses elaboradas para análise do teste de conhecimento e no Quadro 4 as hipóteses do teste de motivação para aprender.

Quadro 3 - Hipóteses elaboradas para análise do teste de conhecimento

Teste de conhecimento	
Hipótese nula H_0	Não há aumento no desempenho dos participantes quanto aos conhecimentos após a intervenção didática, ou seja, as diferenças de escores observadas não são estatisticamente significantes
Hipótese Alternativa H_1	Há aumento do desempenho dos participantes no teste de conhecimento após a intervenção didática

Fonte: Construção do autor

Quadro 4 - Hipóteses elaboradas para análise do teste de motivação para aprender

Teste de motivação para aprender	
Hipótese nula H_0	Não há aumento na motivação para aprender dos participantes após a intervenção didática, ou seja, as diferenças de motivação observadas não são estatisticamente significantes
Hipótese alternativa H_1	Há aumento na motivação para aprender dos participantes após a intervenção didática

Fonte: Construção do autor

A condição de variabilidade de dados experimentais pode resultar que dados iguais resultem em valores diversos, por isso o teste de hipóteses propõe-se a verificar se há mudança estatisticamente significativa entre os dois conjuntos de dados. Para proceder este teste inicialmente é calculado um parâmetro sensível à diferença entre a hipótese nula e a alternativa. Na sequência é obtido um valor-p, relacionado à probabilidade de se obter um valor maior ou menor considerando a hipótese nula. A hipótese nula é rejeitada se o valor-p for menor do que um valor determinado pelo pesquisador, conhecido como nível de significância. Nesta pesquisa foi utilizado o valor de 0,05, indicando que a obtenção de um valor-p menor do que 0,05 implica em rejeição da hipótese nula e consequente aceitação da hipótese alternativa. Porém, existe a probabilidade de que dados amostrais resultem em teste de hipóteses incorretos. Estes possíveis erros são denominados de:

- a) Erros do tipo I: ocorre quando erradamente rejeitamos a hipótese nula indicando que a hipótese alternativa está correta quando na verdade não existe significância nos resultados. A ocorrência deste tipo de erro pode ser contornada reduzindo-se o nível de significância.
- b) Erro do tipo II: Ocorre quando erradamente aceitamos a hipótese nula indicando que a hipótese alternativa está errada. Este tipo de erro leva-nos a desprezar efeitos significativos para a pesquisa.

A pesquisa considerou duas hipóteses relacionadas ao teste de conhecimento e teste de motivação para aprender, para o mesmo grupo de estudantes. Para estabelecermos a correlação entre estas duas amostras diferentes foi utilizando um teste de hipóteses do tipo pareado. Este tipo de teste pode ser paramétrico ou não-paramétrico. Os dados paramétricos admitem que as amostras são provenientes de dados que se aproximam da distribuição normal. O tipo não-paramétrico não são tão específicos e não assumem um tipo específico de distribuição estatística para seus dados. Nesta pesquisa, devido a tamanho da amostra, menor do que 30 participantes, a distribuição normal não é garantida. Por estas razões optou-se por um teste de hipótese não-paramétrico denominado Wilcoxon pareado (*Wilcoxon signed-ranks test*), específico para duas amostras pareadas baseado em diferenças interpares, que são diferenças numéricas entre os valores obtidos para cada par de dados. O algoritmo do teste calcula todas as diferenças interpares, ordenando-as de acordo com seu valor absoluto. A posição de cada diferença é então, multiplicado pela diferença interpar, e seus resultados são somados obtendo-se o valor do teste estatístico que será utilizado no teste de hipótese.

4 ANÁLISE PRELIMINAR: 1ª FASE DA PESQUISA

Para o planejamento das atividades didáticas que possibilitaram ações desenvolvidas de acordo com os objetivos propostos a pesquisa, buscando construir um panorama da tradição do ensino da cinemática na Educação Básica, de acordo com o referencial da Engenharia Didática de Artigue (ARTIGUE; PERRIN, 1991; ARTIGUE, 2002; 2009) adotado, iniciou com a obtenção de um diagnóstico relacionado à três dimensões: epistemológica (relacionada aos aspectos históricos e científicas da cinemática), cognitiva (associada a aprendizagem e concepções prévias sobre cinemática no ensino fundamental) e a didática (descrevendo como a cinemática atualmente ensinada no ensino fundamental) (CARNEIRO, 2005).

A análise das dimensões epistemológicas, cognitiva e didática permitiu esclarecer os efeitos do ensino, de como é atualmente conduzido, as concepções dos estudantes relacionadas ao tema a ser desenvolvido bem como os obstáculos que historicamente marcaram a evolução das concepções trabalhadas nas atividades didáticas. A ponderação sobre estes aspectos foram importantes subsídios no planejamento das atividades didáticas, culminando com a elaboração de algumas hipóteses de trabalho a serem investigadas no decorrer da pesquisa.

Para pensar sobre o currículo e sobre o ensino de Ciências Naturais o conhecimento científico é fundamental, mas não suficiente. É essencial considerar o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, relacionado às suas experiências, sua idade, sua identidade cultural e social, e os diferentes significados e valores que as Ciências Naturais podem ter para eles, para que a aprendizagem seja significativa. (BRASIL, 1998).

4.1 Dimensão epistemológica: aspectos históricos e científicos da cinemática

Uma das principais causas do possível insucesso da disciplina de Física são modelos conceituais errados apoiados no senso comum. A abordagem pedagógica utilizada pelos professores supõe, muitas vezes, que o aluno não desenvolveu qualquer representação intelectual, mesmo que errada, relacionada com o conteúdo ministrado, e que esse conhecimento prévio não é importante, podendo ser substituído pelo conhecimento exposto pelo professor. Porém, o aluno, atribui significados aos conhecimentos científicos integrando-os a uma explicação coerente com seus conhecimentos prévios. Assim, concepções erradas postergam-se pela vida estudantil do aluno ocasionando dificuldades futuras em seu aprendizado. Especificamente no estudo do movimento dos corpos é “frequente encontrar, entre os estudantes, noções que eram aceitas na Grécia clássica ou na Europa medieval” (BRASIL,

1998, p. 21), indicando a necessidade de estabelecermos uma perspectiva histórica do estudo da cinemática, organizando-a cronologicamente com o objetivo de relacioná-las às concepções verificadas em nossas análises prévias. Em nosso trabalho, o conhecimento destas dificuldades além de permitir a adequação das práticas pedagógicas, também objetivou a reflexão por parte dos estudantes sobre suas concepções prévias por intermédio de novas experiências de aprendizagem.

Assim a compreensão dos aspectos históricos associados ao significado do que hoje entendemos por cinemática possibilitou que por intermédio das diversas interpretações relacionadas a esse conceito, ao longo do tempo, tivéssemos um importante subsídio para o planejamento das atividades didáticas. A concepção epistemológica dos saberes trabalhados em sala de aula foi um importante aliado na sistematização dos objetivos propostos.

Os PCN, para o ensino fundamental, afirmam que “[...] A História da Ciência tem sido útil [...], pois o conhecimento das teorias do passado pode ajudar a compreender as concepções dos estudantes do presente, além de também constituir conteúdo relevante do aprendizado.” (BRASIL, 1999, p. 21).

Especificamente no estudo do movimento dos corpos é “frequente encontrar, entre os estudantes, noções que eram aceitas na Grécia clássica ou na Europa medieval” (BRASIL, 1999, p. 21). A forma como atualmente descrevemos os conceitos que envolvem a noção de movimento provem de concepções delineadas a partir de várias correntes de pensamentos distintos que, gradativamente ao longo da história, permitiram a sua construção. Esse caminho percorrido abrange ideias de pessoas que as conceberam por métodos, em grande parte, empíricos, na tentativa de explicar o mundo que as cercava, indicando a necessidade de estabelecermos uma perspectiva histórica do estudo da cinemática, organizando-a cronologicamente com o objetivo de relacioná-las às concepções verificadas em nossas análises prévias.

O grego Heráclito de Éfeso (540-480 a. C.) afirmava que “Tudo se move” e fundamentava-se no movimento geral de todas as coisas em um Universo em constante e eterna transformação. Diversos filósofos gregos como Thales (624-545 a. C.) e Demócrito (460-370 a. C.), mesmo apresentando teorias distintas, relacionaram a palavra “movimento” em suas ideias. Esta, e outras afirmações, foram sistematizadas mais tarde por Aristóteles (284-322 a.C.) conhecido como o grande organizador do saber antigo que, em sua obra “Física”, estudou “[...] o problema do movimento [...] com todo o rigor, sistematização e de forma precursoramente científica” (BAPTISTA; FERRACIOLI, 1999, p. 190). Embora suas observações a respeito da cinemática não tenham sido aproveitadas por estudos realizados em séculos posteriores, estas

não impediram que fossem obtidas algumas descobertas válidas. Estruturou logicamente o Universo dividindo-o em duas partes: supralunar (acima da esfera da lua) e sublunar (abaixo da esfera da lua). As diferentes qualidades dos corpos que compõe esses mundos determinavam os diferentes tipos de movimento. Para o universo acima da Lua somente um movimento era possível: o movimento circular, perfeito e eterno. Abaixo da Lua, portanto na Terra, os corpos se movimentavam de acordo com a sua natureza: água, terra, ar e fogo. A terra e a água, como corpos mais pesados, possuíam movimentos retilíneos para baixo, já ao fogo e ao ar, elementos mais leves, foram atribuídos movimentos retilíneos para cima. Todos os outros movimentos seriam forçados. Concluiu pela inexistência do vácuo e que a natureza do corpo determinava sua velocidade.

Platão (429-357 a. C.) descreveu a importância do movimento para a formação do mundo destacando que é “[...] impossível uma coisa ser movida sem o correspondente motor[...]” (BAPTISTA; FERRACIOLI, 1999, p. 190), ideia adotada por Aristóteles, onde os movimentos não naturais necessitavam de agente motor, que sempre devia estar com o corpo durante o movimento. Sem esse contato nenhum corpo se movimentava. No caso de movimento natural o motor estaria eternamente com o corpo. Para explicar como o motor poderia estar sempre em contato com um corpo lançado em movimento, Aristóteles afirmava que imediatamente após o lançamento o ar se fecha atrás do projétil e o transporta mantendo o motor junto ao corpo em movimento. Na queda livre o ar agiria da mesma forma, sendo responsável pela aceleração. Em suas análises sobre movimento vertical reconheceu a uniformidade da aceleração, negativa na subida e positiva na queda.

As ideias aristotélicas, adotadas durante séculos, foram fruto de críticas e debates, desde os cientistas alexandrinos² até a Idade Média. Entre os séculos XIV e XVI, surgiram teorias como a de Jean Buridan (1300-1360), filósofo e religioso francês que estabeleceu a teoria do *Impetus* (BAPTISTA; FERRACIOLI, 1999). Essa teoria se manteve apenas entre seus adeptos e suas opiniões não foram aceitas amplamente, prevalecendo neste período a teoria aristotélica “cristianizada” por São Tomás de Aquino (1225-1274), padre dominicano, filósofo e teólogo.

No século XVI surgiu Galileu Galilei (1564-1642), nascido em Pisa, Itália. Físico, matemático e astrônomo, foi ardoroso crítico do pensamento aristotélico. Sabedor de que uma série de concepções erradas escondia a verdadeira natureza dos movimentos, tinha noção que a refutação dessas ideias era um trabalho difícil e arriscado já que se tratava das concepções de

² Refere-se aos habitantes de Alexandria cidade do Egito onde ficava a famosa biblioteca.

Aristóteles, defendidas por muitos e tornadas dogmáticas.

Galileu reconhecia que sem a matemática não era possível conceber os fenômenos naturais, entendimento que norteou suas investigações para o resto da vida. Estudou profundamente Aristóteles, Euclides e Platão, e admirava Arquimedes.

Contribuiu de forma significativa para o estudo dos movimentos, onde se destacam: a separação da causa e do efeito de um movimento; a expressão da distinção entre dinâmica e cinemática; abordagem do conceito de *rapidez* ou *velocidade* definindo velocidade instantânea; introdução na mecânica da noção de aceleração, estabelecendo o conceito que utilizamos atualmente e a consequente definição de movimento uniformemente acelerado. Estabeleceu, também, a noção de inércia e mesmo não tendo enunciando a lei, trabalho que seria realizado por Newton anos mais tarde, reconhece que a conduta futura de um corpo, o seu comportamento físico, depende de sua inércia. Aos 70 anos de idade, Galileu concentrou sua atenção em investigações sobre os problemas da mecânica em uma obra denominada “Discursos e Demonstrações Matemáticas em torno de uma nova ciência”, publicada na Holanda. Esse livro é considerado por muitos, como o responsável pelo nascimento de uma nova ciência: a Física. Com relação à cinemática, nessa obra, trata de movimentos uniforme e uniformemente acelerados, concepções de aceleração, inércia e composição de movimentos, apresentando exemplos práticos da trajetória dos projéteis. A queda livre é pela primeira vez descrita por ele matematicamente e também relaciona a queda vertical com o plano inclinado.

A revolução copernicana, em detrimento às ideias de Ptolomeu nas quais Aristóteles se baseava, somente obteve êxito 35 anos mais tarde, após a morte de Galileu, com Isaac Newton que em sua obra *Principia* enunciou pela primeira vez as proposições fundamentais da mecânica definidas em leis axiomáticas, descrevendo os conceitos e leis primordiais indispensáveis para a construção desta parte da Física. Além de contribuir para a arquitetura da Mecânica, Newton, estendeu a noção de força como seu conceito central. Mesmo que Galileu tenha reconhecido a existência da aceleração em movimento de queda livre, foi Newton que generalizou o fenômeno. Reconheceu que por trás do peso de um corpo se encontra uma característica invariável, a massa, separando esses conceitos pela primeira vez.

O estudo da cinemática, juntamente com a Física, percorreu um extenso percurso na história das ciências, sempre objetivando o estudo de fenômenos naturais. De Aristóteles, passando por Galileu e chegando a Newton a busca por explicações, e do consequente conhecimento adquirido, é resultado de uma constante melhoria do trabalho de muitos. Após o século XVII, com a morte de Newton, seus métodos de análise e tratamento de problemas físicos continuaram, e continuam sendo usados, em estudos e reflexões que objetivam o

aprimoramento dos conhecimentos obtidos.

4.2 Dimensão didática: como a cinemática é ensinada no ensino fundamental

O ensino de ciências no nível fundamental como praticado em sala de aula ainda apresenta poucos avanços para a melhoria da aprendizagem deste conteúdo. As práticas pedagógicas, em muitos casos, ainda partem de exposições teóricas, utilizando somente o livro didático e a lousa. Nesse cenário, o professor tem por obrigação a exposição do conhecimento científico e o aluno deve aceitá-lo como um saber verdadeiro, inquestionável. Porém, novas propostas, nos últimos anos tem tomado forma, onde a participação do aluno no processo de ensino é valorizada e as atividades práticas passam a ter importante significado na construção da aprendizagem.

Os PCN do ensino fundamental destacam, como um de seus objetivos, que os estudantes sejam capazes de “[..]questionar a realidade formulando-se problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica, selecionando procedimentos e verificando sua adequação.” (BRASIL, 1999, p. 24).

O professor, portanto, deve planejar situações didáticas que permitam aos estudantes o desenvolvimento pela busca de respostas, valorizando o seu interesse e ampliando seu potencial. Mais do que transmitir conhecimentos, o professor, deve ser um orientador, motivador do trabalho investigativo. Para isso ele precisa ter conhecimento do assunto e de técnicas pedagógicas que o possibilite atingir os objetivos propostos.

A Escola, campo da pesquisa onde será realizada a experiência de intervenção didática, cita em seu Plano Político Pedagógico (PPP) que o professor deve ser “mediador, possibilitador e intervencionista” (PPP, 2013, p. 8), e ainda que o aluno “enquanto aprendiz constrói o seu conhecimento, confrontando sua experiência com os conteúdos apresentados pelo professor, através de suas interações sociais e também das trocas estabelecidas com seus pares” (op. cit., 2013, p. 8). Indica o diálogo entre professor e estudante como importante na construção do processo ensino-aprendizagem, ambos como sujeitos interativos na construção do conhecimento.

O Regimento Escolar, responsável por estabelecer as regras que norteiam o funcionamento e a estrutura da Escola, estabelece que os planos de ensino para o ensino fundamental devem ser elaborados de acordo com “as áreas de conhecimento da base nacional” (REGIMENTO, 2013, p. 12), e que o plano de trabalho dos professores, para os anos finais do

ensino fundamental, também deve ser elaborado de acordo com a proposta pedagógica da escola, concebido na construção do conhecimento e que deve conter “informações relevantes para o desenvolvimento e implementação do currículo proposto pela escola e organizado nos planos de estudos” (op. cit., 2013, p. 12). Determina uma carga horária de 4 horas/aula semanais para o ensino de Ciências no 9º ano do ensino fundamental, separando-o ao longo do ano letivo em partes proporcionais entre Biologia, Química e Física.

Com relação à cinemática, os Planos de Estudos (2011) dos professores atuantes na turma objeto da experimentação da pesquisa citam que o aluno deverá “relacionar as ideias de espaço e tempo e as unidades de medida para compreensão dos conceitos de velocidade e aceleração e resolver problemas sobre esse assunto” (PLANOS DE ESTUDO, 2011, p. 2) e, ainda, que os conteúdos a serem desenvolvidos são “O Estudo da Física – conceitos básicos de Cinemática” e “Movimentos Retilíneos – noções de movimento e repouso, trajetória” (op. cit., 2011, p. 3). Já no item “Métodos-Técnicas-Recursos” são citadas apenas folhas xerocadas, quadro de giz, e livro-texto.

O livro didático, portanto, ainda é um recurso muito utilizado pelos professores atuantes na Escola. A importância desse recurso é demonstrada pelo PNLD (Plano Nacional do Livro Didático) que é um programa do MEC que tem por objetivo distribuir coleções de livros didáticos para subsídio ao trabalho dos professores da educação básica. A distribuição é realizada em triênios alternados em diferentes níveis de ensino. O PNLD compara o livro didático a um instrumento, entre outros, que pode auxiliar o estudante na construção de seu conhecimento. Portanto, o livro didático no contexto do ensino-aprendizagem “[...] aparece como um instrumento de apoio, problematização, estruturação de conceitos, e de inspiração para que os alunos, e o próprio professor, investiguem os diversos fenômenos que integram o seu cotidiano.” (BRASIL, 2013, p. 14).

Diferente da forma tradicional de utilizá-lo, nessa perspectiva, o livro didático passa a ser um referencial para professores e estudantes, auxiliando o estudante em suas pesquisas e servindo de suporte pedagógico ao professor. Desta forma, se faz necessária a inspeção do livro didático adotado pelos professores na turma do 9º ano do ensino fundamental, focando as concepções iniciais da cinemática.

Inicialmente voltamos nossa atenção para o livro selecionado pela Escola no último PNLD, realizado em 2013, denominado “Física e Química” dos autores Calos Barros e Wilson Roberto Paulino, da Editora Ática (Livro A). Concordando com a ideia de que o livro didático deva servir como suporte pedagógico para os professores e estudantes, recorremos ainda a dois outros livros, ambos direcionados para o 9ª ano do ensino fundamental. São eles: “Ciências

Naturais, Aprendendo como Cotidiano”, de Eduardo Leite do Canto, da Editora Moderna (Livro B), e “Química e Física” de Demétrio Gowdak e Eduardo Martins, da Editora FTD (Livro C). Esses livros estão disponíveis na Biblioteca da Escola e são costumeiramente utilizados como fonte de pesquisas pelos professores e estudantes.

As análises do PNLD (BRASIL, 2013) apontam para alguns aspectos negativos em dois dos livros utilizados. No Livro A, é destacado que “[...] em alguns capítulos, a abordagem dos conteúdos específicos é a tradicional com quantidade elevada de conteúdo [...]” e que as “[...] atividades práticas, embora adequadas, são, em sua maioria, de caráter demonstrativo”. (op. cit., 2013, p. 18). Já no Livro B é citado que a “[...] obra apresenta grande volume de conteúdo, que são cuidadosamente apresentados e contemplam as várias áreas das Ciências. Porém, nem sempre de forma articulada com outros campos disciplinares” (op. cit., 2013, p. 18) e, ainda, “[...] principalmente no livro do 9º ano, nota-se o uso talvez excessivo da formulação matemática, mais adequada para o ensino médio.” (op. cit., 2013, p. 19). No Livro C, o PNLD não destaca aspectos negativos. Embora nossa atenção esteja voltada à cinemática, as análises em destaque acima devem ser consideradas, pois referem-se a obra como um todo, já que não há especificação na análise efetuada pelo PNLD de capítulos analisados.

Todo o livro didático tem uma edição específica para o professor que agrega sugestões para a distribuição dos conteúdos programáticos, objetivos de cada capítulo, algumas sugestões de atividades práticas, resolução dos exercícios, sites com fontes de pesquisa, etc.

Com relação à cinemática, os livros didáticos focam seus conceitos introdutórios sequenciados e agrupados de forma diferente. Alguns colocam movimento, repouso e referencial em um único tópico e em seguida definem movimento uniforme e uniformemente variado, incluindo a definição de velocidade, velocidade média e aceleração, na sequência. Já, outros, separam esses conceitos em tópicos, acrescentando a definição de intervalo de tempo. Foram adicionados em dois deles, Livro A e Livro B, textos em destaque sobre Galileu Galilei, porém nenhum deles refere-se ao estudo dos movimentos, perpetuado por Galileu, destacando unicamente sua contribuição para a Astronomia e seus estudos com relação ao comportamento dos pêndulos.

Na fase da concepção e análise *à priori* deste estudo, realizada com o objetivo de propor uma sequência de ensino que modifique a forma usual de como o ensino de cinemática vem sendo desenvolvido, observamos que os estudantes não associam a variável tempo às suas noções primeiras de movimento. Nos livros didáticos em estudo, com relação a esse aspecto, não foram encontrados conceitos ou atividades que tenham por objetivo estabelecer explicações

sobre o tempo como grandeza física. Um único texto foi encontrado, “É o tempo uma ilusão ou ele existe realmente?” (Livro A, p. 36), que pretende explicar a noção de intervalo de tempo.

4.3 Dimensão cognitiva: aspectos cognitivos relacionados ao conteúdo de cinemática escalar

No processo de ensino-aprendizagem a interação entre professor, aluno e conteúdo é uma característica essencial da qual a informática é uma grande aliada. As práticas que utilizam computadores têm sido apontadas por pesquisadores como melhores do que aquelas que utilizam técnicas tradicionais de ensino (BRASSEL citado por ARAUJO et al., 2004). Atualmente o uso das TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) já se tornou uma prática comum na educação possibilitando a elevação do nível de aprendizagem dos estudantes e a realização profissional dos professores. Especificamente no ensino de Física existem vários estudos encontrados na literatura que destacam o sucesso de experimentos usando computadores para a aquisição de dados em tempo real como proposta de ensino (ARAUJO et al., 2004). Zacharia e Anderson citado por Leitão et al. (2011) enfatiza que “o uso de simulações integradas com experimento real propicia aos estudantes maior habilidade para fazerem previsões e darem explicações cientificamente aceitas sobre os fenômenos físicos presentes nos experimentos”. Assim, para o estudo da cinemática, sensores conectados a computadores podem ser utilizados para captar movimentos, onde muitas vezes “os alunos usam o próprio corpo como objeto de estudo” (ARAUJO et al., 2004) gerando diferentes tipos de movimento para que o computador, utilizando *softwares* apropriados, tracem gráficos cinemáticos simultaneamente à execução dos deslocamentos efetuados. Esta interatividade com o experimento resulta em uma maior motivação para a aprendizagem e consequente compreensão do fenômeno. Segundo Agrello e Garg (1999) gráficos que descrevem fenômenos físicos “resumem uma grande quantidade de informações que podem ser facilmente percebidas” e são “importantes ferramentas de ensino”. Representações gráficas que relacionam posição em função do tempo e velocidade em função do tempo são, geralmente, os primeiros trabalhados pelos professores de ciências no ensino fundamental. Por isso “propiciar [...] condições para que os alunos aprendam a interpretá-los e utilizá-los com uma das possíveis representações de fenômenos físicos contribui, não somente para a aprendizagem da cinemática, mas também para a aprendizagem futura de outros conteúdos.” (ARAUJO et al., 2004, p. 180).

Outras abordagens didáticas utilizando o computador como ferramenta de ensino também são possíveis. *Softwares* que foram desenvolvidos para recolher e realizar a análise

digital de vídeos, também proporciona uma perspectiva visual do movimento simultaneamente à sua representação em forma de gráficos, permitindo ao aluno “elaborar um estudo do movimento e das leis que o regem” (FERREIRA, 2012, p. 39). A vídeo-análise permite uma interação ativa entre o vídeo e os alunos, tornando a prática pedagógica mais dinâmica e proporcionando um “maior poder de investigação na natureza das ciências a nível escolar” (LEITÃO et al., 2011, p. 21). Laws e Pfister (1998, p. 282) indicam a vídeo-análise para estudo de conceitos físicos, entre eles, posição, velocidade e aceleração.

Além das vantagens inerentes, no que se refere à utilização de sensores aliados a *softwares* ou somente *softwares*, outra vantagem é o baixo custo técnico. Plataformas como o Arduino, “foram construídas para possibilitar a interação entre o ambiente e computador, permitindo a conexão de variados tipos de sensores eletrônicos de forma simples baseada em *softwares* livres” (CAVALCANTE; TAVAROLO, 2011, p. 2). *Softwares* livres, podem ser livremente instalados em computadores de diversas plataformas. Segundo Fernandes (2011, p. 2), “o conceito de *software* livre nos remete ao conceito de liberdade, ampliando as perspectivas de inclusão digital e social de milhares de pessoas”.

A constatação da necessidade de promover práticas que possibilitem aos estudantes a construção de novos conhecimentos, necessários à continuidade dos estudos de Física nas séries subsequentes, levou-nos a adotar novas estratégias para a aprendizagem de ciências, partindo de uma proposta de planejamento de atividades didáticas que possibilitem aos estudantes a construção de conhecimentos iniciais de cinemática, utilizando-se da interatividade característica de computadores. Utilizando sensores e/ou *softwares* de tomada de dados, os estudantes, simulando diversos tipos de movimento, poderão simultaneamente observar a geração de gráficos representativos das grandezas físicas envolvidas no processo. Dessa forma o aluno utilizando a investigação, a reflexão e confrontando o observado com suas ideias prévias relacionadas ao que se estuda, construirá uma aprendizagem significativa. Rocha (2010, p. 306) denota a necessidade de buscarmos novas alternativas para as atividades experimentais, “fugindo principalmente do ensino tradicional que se dá através de roteiros rígidos que tem por objetivo principal apenas a verificação e comprovação de leis científicas [...]”. Salienta que uma “[...] proposta bastante interessante consiste em estruturar as atividades práticas como verdadeiras investigações propondo guias abertos, reflexivos e bem planejados, com objetivos claros e que levem em conta as ideias prévias dos aprendizes.” (ROCHA; GUADAGNINI, 2010, p. 306).

As concepções prévias, ou alternativas, dos estudantes relacionados à cinemática tem sido um assunto investigado profundamente por tratar-se de uma das áreas da Física cuja

compreensão é considerada essencial para as demais áreas. Watts apud Fiolhais (1998, p. 3) cita a cinemática como o “domínio por excelência de investigações” sobre concepções erradas, onde estudos sobre modelos conceituais associados ao senso comum indicam que alguns alunos mantem um padrão de raciocínio semelhante a uma “Física Aristotélica” (FIOLHAIS; TRINDADE, 1998, p. 1). Essas concepções erradas postergam-se pela vida estudantil do aluno ocasionando dificuldades futuras em seu aprendizado. Especificamente, em nosso trabalho, o conhecimento dessas dificuldades, algumas delas obtidas através da análise prévia efetuada, permitiram a adequação das práticas pedagógicas objetivando que os estudantes reflitam sobre suas concepções prévias através de novas experiências de aprendizagem.

4.3.1 Gráficos da cinemática

A construção e interpretação de gráficos que descrevem eventos físicos é uma habilidade requerida a estudantes e professores de Física. A característica de resumir informações que podem ser facilmente percebidas, tornam os gráficos uma excelente ferramenta de ensino.

Gráficos da cinemática como posição, velocidade e aceleração em função do tempo são os primeiros gráficos que os estudantes tomam contato no ensino da Física, portanto o seu entendimento, interpretação e representação tornam-se importante para a sua aprendizagem. A contribuição deste conhecimento vai além do ensino da cinemática, uma vez que os gráficos são recursos amplamente utilizados em várias áreas do conhecimento.

Na identificação das dificuldades na interpretação de gráficos da cinemática, Araujo et al. (2004, p. 180) cita o estudo realizado por McDermott et al. (1987), que constaram as dificuldades encontradas na construção e análise de gráficos.

A seguir estão elencadas as 10 principais dificuldades, onde as cinco primeiras estão relacionadas a conceitos físicos:

- a) discriminar entre inclinação e altura;
- b) interpretar mudanças na altura e mudanças na inclinação;
- c) relacionar um tipo de gráfico a outro;
- d) relacionar a narração de um movimento com um gráfico que o descreve;
- e) interpretar a área sobre o gráfico.

As cinco restantes estão relacionadas a conexão com o mundo real:

- a) representar movimento contínuo por uma linha contínua;
- b) separar a forma de um gráfico da trajetória do movimento;

- c) representar velocidade negativa;
- d) representar aceleração constante.
- e) fazer distinção entre diferentes tipos de gráficos do movimento.

A partir desta constatação, Beichner (1994) sugeriu o desenvolvimento de um teste de múltipla escolha para diagnosticar as dificuldades enfrentadas pelos estudantes utilizando a interpretação de gráficos de cinemática, sob o argumento de que os professores utilizam gráficos como uma segunda linguagem, e que os estudantes a partir desta representação possam entender o sistema físico que está sendo analisado. De acordo com Araujo (2004) após detalhada pesquisa foi elaborado o teste TUG-K (*Test of Understanding Graphs in Kinematics* ou Teste de Compreensão de Gráficos em Cinemática). Inicialmente o teste foi aplicado em 134 estudantes de nível universitário e, após alguns ajustes, foi colocado em prática na Universidade do Estado da Carolina do Norte-USA em 524 estudantes finalizando o *high-school*. Os objetivos de seu trabalho estão sintetizados na Quadro 5.

O teste TUG-K foi traduzido para português por Agrello e Garg (1999) e aplicado a 228 estudantes recém ingressos na Universidade de Brasília (UnB).

Quadro 5 - Objetivos do teste TUG-K de compreensão de gráficos da cinemática

Dado	O estudante deverá:
1) Gráfico de posição versus tempo	Determinar a velocidade
2) Gráfico de velocidade versus tempo	Determinar a aceleração
3) Gráfico de velocidade versus tempo	Determinar o deslocamento
4) Gráfico de aceleração versus tempo	Determinar a variação da velocidade
5) Gráfico da cinemática	Selecionar outro gráfico correspondente
6) Gráfico da cinemática	Selecionar a descrição textual adequada
7) Descrição textual do movimento	Selecionar o gráfico correspondente

Fonte: Araujo et al. (2004)

O resultado do trabalho de Beichner (1994) obteve como resultado que os estudantes não compartilham o mesmo vocabulário com os professores.

Entretanto Araujo et al. (2004) cita que vários estudos encontrados na literatura descrevem experimentos bem-sucedidos que propõe o aumento da habilidade dos estudantes na utilização de gráficos apoiados em ferramentas automatizadas, onde algumas interpretações errôneas que costumeiramente ocorriam, como a interpretação de gráficos representativos de

movimentos como a trajetória do móvel, obtiveram melhorias quando o estudante, com a utilização de sensores, utilizou o próprio corpo como objeto de análise do movimento.

Outros autores relatam diferentes motivos que justificam a aquisição automática de dados através da utilização de ferramentas informatizadas. Haag et al. (2005, p. 70), aponta que a implementação deste recurso em atividades didáticas “enriquecer as experiências de aprendizagem propiciando outras alternativas para o aluno compreender e relacionar os resultados obtidos e os conceitos vinculados à fundamentação teórica [...]”. A alfabetização científica também é destaque, já que processos em tempo real, possibilitam a visualização de dados coletados instantaneamente e de seus resultados imediatos. Além desta alternativa o estudante pode manipular sensores, alterando-os para experimentar novos resultados, proporcionando desta forma a aproximação com sua realidade e uma melhor compreensão do estágio atual das ciências.

5 CONCEPÇÃO E ANÁLISE À *PRIORI* DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS: 2ª FASE DA PESQUISA

5.1 Propósito, variáveis e hipóteses da pesquisa

O estudo realizado na fase preliminar permite pensar em uma proposta de ensino de cinemática inovadora, envolvendo o uso de tecnologias de sensores com aquisição automática de dados como apoio ao processo de construção dos conceitos centrais da cinemática, tais como velocidade e aceleração, bem como da compreensão de representações gráficas das relações entre estas grandezas por estudantes do ensino fundamental.

5.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral da pesquisa é identificar indícios de aprendizagem significativa de conceitos introdutórios de cinemática e de suas representações gráficas por estudantes do 9º ano do ensino fundamental sob a intervenção de uma sequência de ensino com as características gerais citadas acima.

5.1.2 Variáveis

Para tanto, escolheu-se como variáveis globais da engenharia o desempenho e a motivação para aprender de estudantes do 9º ano do ensino fundamental (variáveis dependentes), e a sequência de ensino associada a proposta (variável independente).

5.1.3 Hipóteses

Com esta escolha de variáveis, levantam-se as seguintes hipóteses para o presente estudo:

- A) Há evolução na compreensão por estudantes do ensino fundamental de conhecimentos relacionados ao conceito de velocidade e de suas representações gráficas, com o uso da aquisição automática de dados por grupo de estudantes nas situações didáticas sobre MRU;
- B) Há evolução na compreensão por estudantes do ensino fundamental de conhecimentos relacionados ao conceito de aceleração e de suas representações gráficas, com o uso da

- aquisição automática de dados por grupo de estudantes nas situações adidáticas sobre MRU;
- C) Há aumento significativo na motivação para aprender de conhecimentos relacionados aos conceitos de velocidade e aceleração, e de suas representações gráficas, com o uso de aquisição automática de dados por grupo de estudantes nas situações adidáticas sobre MRU e MRUV.

5.1.4 Objetivos específicos

- a) Analisar aspectos dos processos da aprendizagem dos estudantes submetidos à sequência de ensino, bem como do seu desempenho, e avaliar a evolução na aprendizagem;
- b) Analisar aspectos da motivação para aprender dos estudantes submetidos à sequência de ensino, avaliando a efetividade da sequência de ensino na promoção da motivação para aprender;
- c) Concluir sobre a eficácia da sequência de ensino para a aprendizagem de cinemática introdutória por estudantes submetidos a proposta.

5.2 Pressupostos para a concepção da sequência de ensino

A concepção da sequência de ensino teve por base:

- a) A forma de organizar o ensino dos conteúdos introdutórios de cinemática aos estudantes segundo o processo de assimilação por subordinação, como proposta pela Teoria da Assimilação de David Ausubel;
- b) As formas adidáticas propostas pela Teoria das Situações Didáticas para o aluno construir significados dos novos conteúdos com a sua interação com este conteúdo, (situações de ação, formulação, validação);
- c) O uso da metodologia da Engenharia Didática para a concepção, implementação, análise e validação da sequência de ensino;
- d) A concepção de que a interação do aluno com um sistema de aquisição automática de dados permite a ele: visualizar os dados sendo obtidos por meio de uma representação gráfica do fenômeno em tempo real, construir significados na ação com o aparato de aquisição automática de dados, e testar os novos conhecimentos (GIL-PEREZ et al., 1999); e, ao professor, um recurso estratégico para operacionalizar situações adidáticas de ação, formulação e validação.

5.2.1 Organização da sequência de ensino

Para a organização do conteúdo introdutório de cinemática, levou-se em conta que o estudo deste conteúdo no ensino fundamental envolve os conceitos de velocidade e aceleração como conceitos fundamentais para o estudo da mecânica na 1ª série do ensino médio.

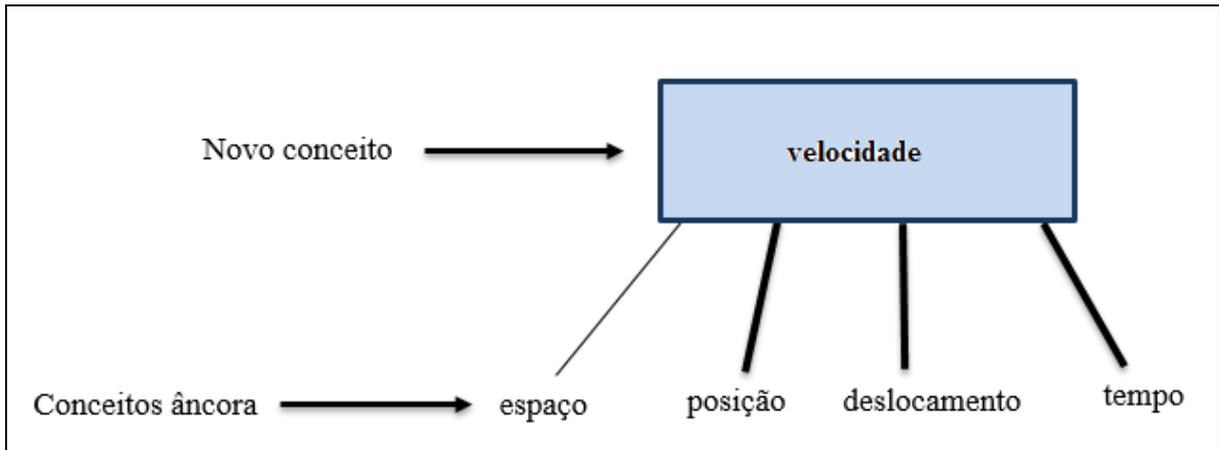
Na estrutura conceitual da cinemática da partícula, a descrição de um corpo é feita de maneira simplificada, cuja representação é feita por um ponto material, ou partícula, que concentra toda a sua massa, desde que suas dimensões sejam muito menores do que as dimensões do sistema, desconsiderando, portanto, sua extensão. O modelo de cinemática da partícula permite a descrição do movimento da partícula em termos de conceitos tais como massa, inércia, tempo, direção, sentido, posição, deslocamento, espaço ou distância, trajetória, referencial, sistema de coordenadas cartesianas ou plano cartesiano, que ancoram os conceitos de velocidade e aceleração da partícula. Nesse modelo, o corpo é descrito como uma partícula ou ponto material, cuja descrição é feita conhecendo-se as posições que ela ocupa ao longo de sua trajetória em cada instante de tempo. A posição da partícula é descrita por coordenadas em relação a uma origem em um referencial. A distância que a partícula percorre entre duas posições de sua trajetória pode ser conhecida, bem como o seu deslocamento. Na aproximação de partícula, é apenas considerado o movimento translacional do corpo, por não ser considerada sua extensão, de modo que o modelo de partícula não dá conta de movimentos de giro ou de vibração do corpo. Estes conceitos, e outros conceitos em cinemática, estão apresentados em vários materiais didáticos, por exemplo, Palandi et. al. (2010).

Optou-se por uma organização sequencial de conceitos, no formato de uma sequência de ensino. Os conceitos-chave da sequência são velocidade e aceleração. Em uma organização sequencial, os conceitos de velocidade e aceleração são ancorados em conceitos tais como espaço ou distância, posição, deslocamento, referencial, sistema de coordenadas cartesianas ou plano cartesiano, tempo e intervalo de tempo, trajetória, ponto material ou partícula, massa, inércia, direção, sentido, posição e movimento relativo. Esse processo de ancoragem, segundo a Teoria da Assimilação de David Ausubel (2002), caracteriza-se como um processo de aprendizagem superordenada segundo o qual os novos conceitos (no caso, velocidade e aceleração) são ancorados em conceitos subjacentes (no caso, posição, distância, deslocamento, tempo, etc.) e hierarquicamente mais inclusos, ou mais gerais, na estrutura conceitual do aprendiz.

Como forma de ilustrar o processo de aprendizagem superordenada no estudo da cinemática com a sequência de ensino, a Figura 10 apresenta o conceito de velocidade como o

novo a ser apreendido pelo aluno ancorando-se a conceitos supostamente já previamente compreendidos por ele, presentes na sua estrutura cognitiva, tais como espaço, posição, deslocamento e tempo.

Figura 10 - Ilustração esquemática do processo de assimilação superordenada do conceito de velocidade com alguns conceitos âncora



Fonte: Construção do autor

5.2.2 Sistema de aquisição automática de dados com sensor sonar e plataforma Arduino

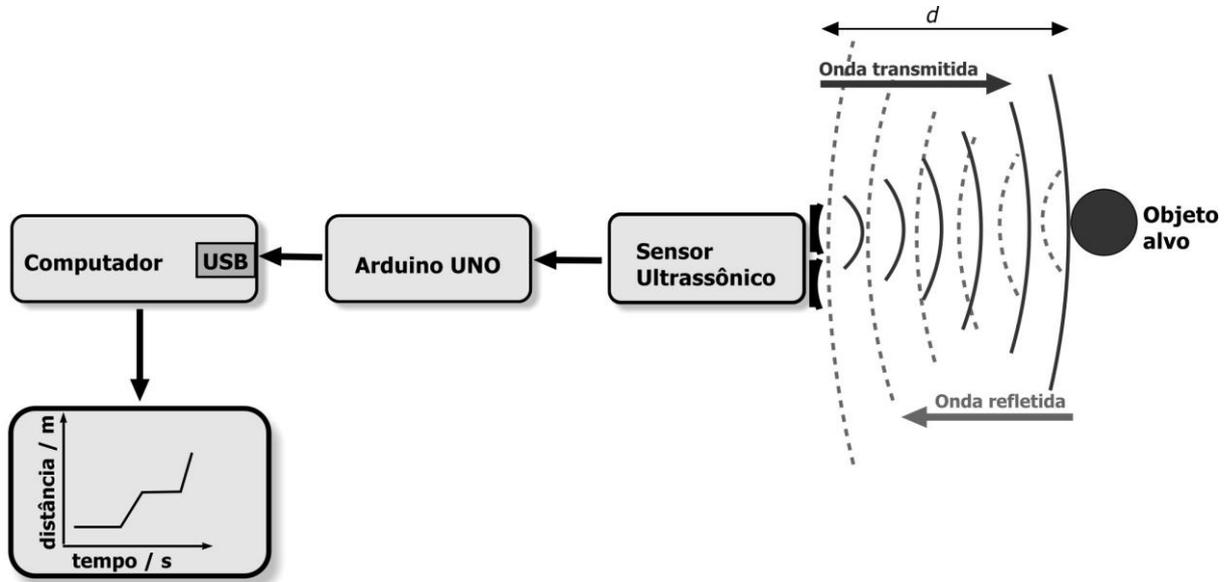
Um sistema de aquisição automática de dados utilizando um sensor sonar com a plataforma Arduino³ foi montado, e faz parte da concepção das situações adidáticas para sua aplicação durante a realização da engenharia como recurso estratégico para operacionalizar as situações de ação, formulação e validação no estudo do MRU e MRUV.

A Figura 11 mostra um esquema do sistema utilizado, que envolve o uso de um módulo sensor sonar ultrassônico modelo HC-SR04 (ELECTREACKS, 2015), uma placa Arduino UNO (ARDUINO, 2015) na qual é interfaceado o sensor sonar, e um computador com interface USB⁴ que é utilizada para receber os dados digitalizados de distância entre o sensor sonar e um alvo a sua frente.

³ Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseado em hardware e software de fácil utilização. É destinada para criação e manipulação de projetos interativos. (ARDUINO, 2015)

⁴ USB é a sigla em inglês de *universal serial bus* e serve para conexão com aparelhos ou placas que enviam e recebem informações de computadores.

Figura 11 - Diagrama esquemático do sistema de aquisição automática de dados com sensor sonar e plataforma Arduino, adaptado de Rocha e Guadagnini (2010).



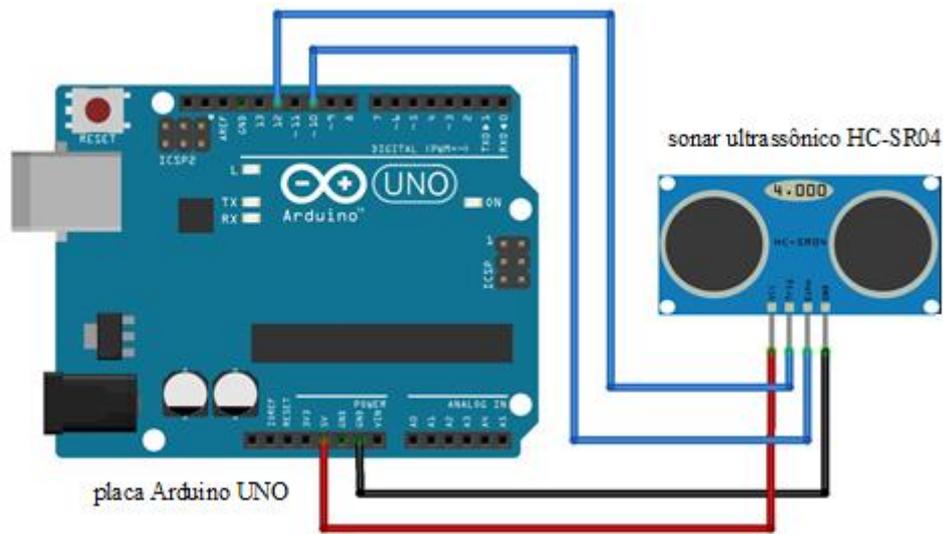
Fonte: Construção do autor

As medidas de distância, d , necessárias no estudo prático do MRU e MRUV, podem ser obtidas com o uso deste sistema. Para isso, direciona-se o sensor sonar, cuja fonte de ultrassom é interna ao sensor, para um objeto alvo cuja distância entre a fonte (sensor) e o alvo se quer medir (qualquer ponto na sala de aula, ou mesmo um aluno, dentro de uma distância de aproximadamente 4 m). Ultrassom são ondas acústicas longitudinais com frequências superiores a 20 kHz que se propagam em um meio material, associadas a vibrações mecânicas deste meio. Um pulso de ultrassom, ao atingir um alvo, é total ou parcialmente refletido pelo alvo sendo detectado como um eco em um receptor do tipo transdutor. Este método de medida de distância é conhecido como pulso eco. O sistema faz a medida do tempo t , desde a emissão do pulso pela fonte até a sua detecção pelo transdutor como onda acústica refletida. A partir da medida de t , e a velocidade de propagação do ultrassom no meio, v_u , a distância pode ser obtida como metade do caminho percorrido pela onda desde a sua emissão até a sua detecção pelo sensor como onda refletida (ROCHA; GUADAGNINI, 2010),

$$d = \frac{1}{2} v_u t . \quad (6.1)$$

Com o uso deste sistema, é possível acompanhar as variações de distância entre o sensor sonar e o alvo em função do tempo, o que permite calcular numericamente a velocidade e aceleração de um alvo móvel (um aluno caminhando pela sala de aula, por exemplo).

Figura 12 – Esquemático elétrico para interfaceamento do sensor sonar ultrassônico HC-SR04 e a placa Arduino UNO, adaptado de Rocha e Guadagnini, 2010.



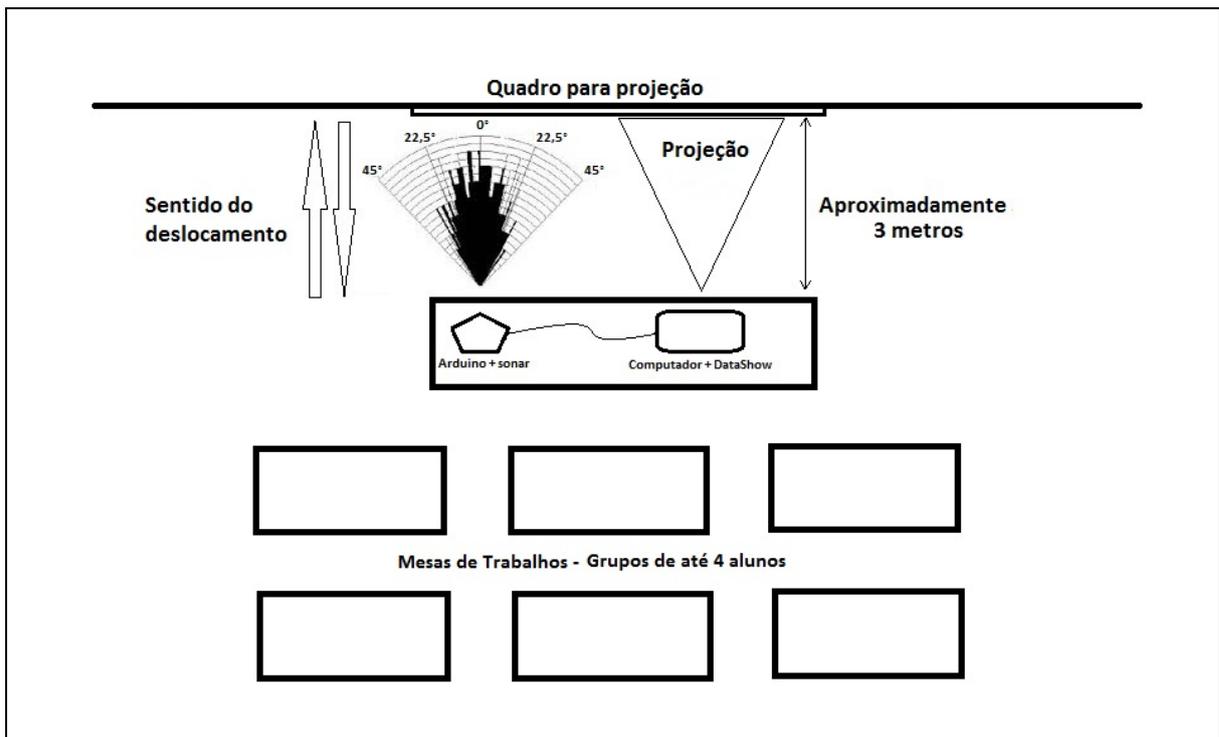
Fonte: Construção do autor

A operacionalização do módulo sensor sonar ultrassônico modelo HC-SR04 (ELECTFREACKS, 2015) com a placa Arduino UNO (ARDUINO, 2015) é realizada por intermédio de um *software* (ANEXO B), especificamente escrito para placas micro processadas do tipo Arduino. Este *software*, após instalado no ambiente de desenvolvimento do Arduino, possibilita a comunicação entre o sensor sonar e o computador por intermídia da placa Arduino. Os dados de distância em função do tempo, enviados ao computador pela placa Arduino, são armazenados na memória do computador com auxílio do programa computacional *PLX-DAQ* (PARALLAX Inc., 2015) desenvolvido e disponibilizado gratuitamente pela empresa PARALLAX Inc. Este programa computacional funciona como um módulo que opera em conjunto com o programa computacional de planilha eletrônica Excel (MICROSOFT Excel, 2015), e é uma ferramenta útil para viabilizar a leitura dos dados enviados pela placa Arduino via porta USB. O programa *PLX-DAQ* permite a aquisição de dados, em tempo real, e a inserção dos dados numéricos em planilhas do Excel, proporcionando a elaboração de gráficos, em tempo real, da grandeza física que se esteja medindo (em nosso caso distância) em função do

tempo. Além disso, os dados coletados podem ser tratados e analisados posteriormente ao experimento.

A Figura 13 apresenta uma possível organização da sala de aula para o estudo do MRU e MRUV com o uso do sistema de aquisição automática de dados com sensor sonar.

Figura 13 - Possibilidade de organização da sala de aula para a realização de atividades com uso do sensor sonar



Fonte: Construção do autor

Para a leitura de medidas de distância utilizando o sensor sonar, alguns cuidados devem ser tomados para evitar dados inapropriados.

Quando realizamos medidas com sensores tipo sonar, é importante tomar o cuidado com reflexões espúrias que podem atrapalhar. Portanto, retire objetos que estejam próximos à trajetória prevista para o alvo evitando assim que a onda reflita em tais obstáculos e seja percebida indevidamente pelo sonar. Isto acontece até mesmo com móveis ou cadeiras colocadas próximas ao 'set' experimental. [...] É importante cuidar também as fontes indesejáveis de ultrassom no ambiente e que trabalham no mesmo intervalo de frequência. Incluímos aí motores, trilhos de ar para experiências de cinemática, computadores e monitores. (ROCHA, 2010, p. 311)

Sugere-se, também, utilizar superfícies refletoras regulares, para evitar a detecção de medidas errôneas pelo sonar. Na obtenção de dados em sala de aula, caso ocorram medidas

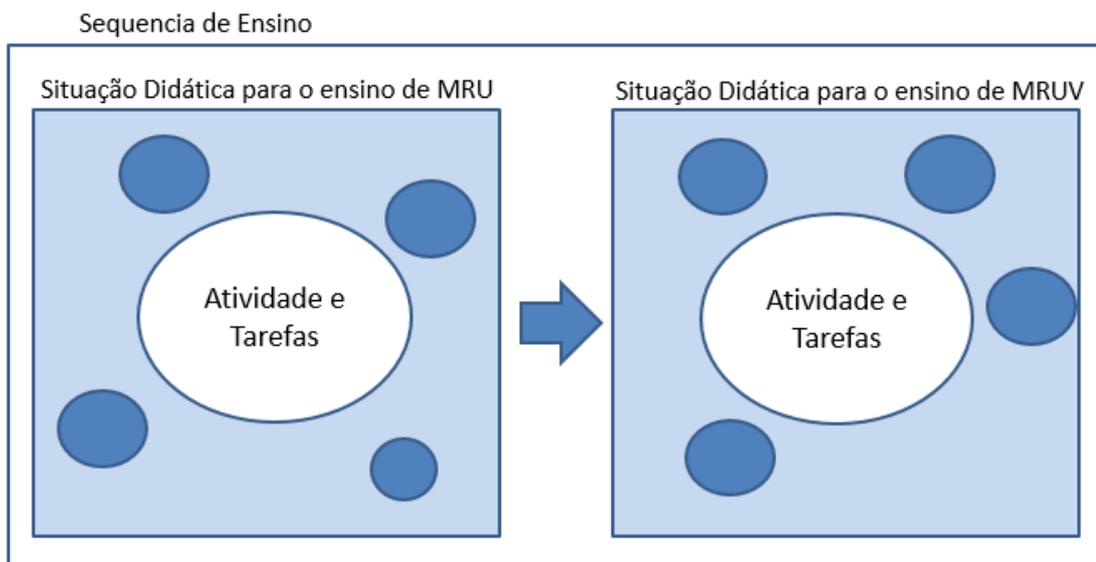
não condizentes com o esperado, o estudante ao realizar o movimento, poderá segurar com as mãos qualquer objeto que tenha uma superfície lisa com dimensões de aproximadamente 1m x 1m, posicionado junto ao corpo do estudante que, durante a execução do movimento, proporcionará uma melhor reflexão das ondas do sonar.

5.3 Concepção das situações didáticas para o ensino de MRU e MRUV

5.3.1 Descrição Geral

A sequência de ensino concebida é constituída por duas situações didáticas: uma situação didática para o ensino do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) contendo 1 atividade com 4 tarefas, e uma situação didática para o ensino do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) contendo, também, 1 atividade com 04 tarefas. A Figura 14 ilustra esquematicamente a sequência de ensino planejada.

Figura 14 - Esquema ilustrativo da sequência de ensino de cinemática



Fonte: Fonte do autor

O Quadro 6 e o Quadro 7 se referem, respectivamente, a descrição geral da Atividade 1, e a classificação dos objetivos educacionais na dimensão cognitiva segundo a Taxionomia de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002) que consistem nas expectativas de aprendizagem dos estudantes para a atividade. O Guia de Atividade para a situação de ensino de MRU é apresentado no APÊNDICE A.

Quadro 6 - Descrição geral da atividade para ensino de MRU

ATIVIDADE PARA O ENSINO DE MRU	
Descrição	Movimentos (rápidos e lentos) de vai-e-vem de uma pessoa (aluno).
Conteúdo da Atividade	MRU (Movimento Retilíneo Uniforme).
Tempo Previsto	10 horas-aula (50 min cada).
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> a) Computador; b) Placa micro processada do tipo Arduino; c) Sensor de distância (sonar); d) Placa de prototipagem (<i>protoboard</i>); e) 5 <i>Jumpers</i>⁵; f) Interface de aquisição de dados; g) Planilha eletrônica com <i>software</i> para aquisição de dados; h) Projetor multimídia; i) Celulares; j) Lousa e caneta; k) Livros didáticos; l) Guia de atividades do aluno.
Objetivos de ensino	<ul style="list-style-type: none"> a) Introduzir os conceitos de espaço percorrido, distância percorrida, posição, tempo físico, referencial e intervalo de tempo, com suas respectivas unidades de medida; b) Levar o aluno a estabelecer a relação de equivalência entre esses conceitos com suas respectivas grandezas através de gráficos, símbolos das grandezas e unidades de medida; c) Introduzir o aluno no conceito de velocidade escalar média através de uma relação entre as grandezas tempo e distância; d) Levar o aluno a construir a noção de modelo físico para o movimento compassado; e) Propor situações-problema de lápis papel.
Objetivos de Aprendizagem	<p>Objetivo A1.1: Entender representações gráficas de movimentos retilíneos, interpretando os movimentos realizados na sala de aula como fatos, ou eventos, que podem ser representados como esquemas gráficos gerados.</p> <p>Objetivo A1.2: Entender a relação entre distância percorrida em um certo intervalo de tempo como rapidez ou velocidade escalar média, interpretando e classificando os movimentos em rápidos e lentos, avaliando e concluindo sobre resultados obtidos.</p> <p>Objetivo A1.3: Criar movimentos ainda não realizados na atividade, planejando-os e executando-os a partir da interpretação gráfica, selecionando e julgando quais deles são realizados à velocidade constante a partir de critérios estabelecidos.</p> <p>Objetivo A1.4: Entender a importância de tempo físico interpretando-o como uma grandeza fundamental para o estudo de fenômenos físicos relacionados a movimentos.</p>

⁵ *Jumper* é uma ligação móvel entre dois pontos de um circuito eletrônico. É, geralmente, uma pequena peça isolada com metal condutivo dentro de seu interior, responsável pela condução de eletricidade em *protoboards*. Os *jumpers*, neste caso, são responsáveis por desviar, ligar ou desligar o fluxo elétrico permitindo configurações específicas entre o Arduino e o sonar.

	<p>Objetivo A1.5: Aplicar os conhecimentos adquiridos, <u>resolvendo situações-problema de lápis-papel.</u></p>
Desenvolvimento	<p>O professor junto com a turma desenvolve o estudo de tempo físico, distância entre dois pontos no espaço e referencial, por intermédio de movimentos rápidos e lentos de vaivém realizados pelos estudantes no espaço da sala de aula sob o alcance de um sensor sonar. A partir de dados de posição e tempo, obtidos pelo sensor, elaboram-se gráficos com o recurso de uma planilha eletrônica. Ao longo da atividade será mantido permanente diálogo com a turma, tendo como referência inicial a noção de tempo social, que os estudantes já trazem, e a diferença deste com tempo físico. Espera-se que a relação entre estes conceitos possibilite que o aluno construa o conhecimento de velocidade. O tempo previsto para esta atividade será distribuído nas seguintes tarefas:</p> <p>Tarefa 1: Aprendendo a elaborar gráficos em papel milimetrado utilizando dados de posição X tempo obtidos com planilha eletrônica e sensor sonar</p> <p>Solicitar a colaboração de um aluno para andar compassadamente, procurando manter uma rapidez constante e lenta, entre dois pontos da sala de aula previamente marcados em movimento de afastamento, e ao alcance do sensor sonar, para levantamento de medidas de tempos e distâncias. Os dados obtidos em planilha eletrônica serão projetados através do <i>datashow</i> para o grande grupo. A seguir, a turma de estudantes, utilizando papel milimetrado constante no guia didático, régua, lápis e os dados anotados de posição por tempo, desenham gráficos representativos dos movimentos realizados. Durante a execução desta tarefa o professor junto com a turma, e com apoio do quadro de giz, formaliza conceitos de distância entre dois pontos, tempo físico e referencial, estabelecendo-se correspondência entre os conceitos estudados, gráficos obtidos e o movimento realizado.</p> <p>Tarefa 2: Comparando representações gráficas geradas por softwares e obtidas a partir da criação de movimentos executados e idealizados por grupos de estudantes</p> <p>Os estudantes, agora separados em grupos de trabalho, executam dois movimentos compassados com rapidez constante (um lento e outro muito lento) entre dois pontos previamente marcados e ao alcance do sensor sonar. Cada grupo esboça no guia de atividades os gráficos plotados pelo <i>software</i> e exibido pelo <i>datashow</i>, anotando as características que consideram importantes e realiza um estudo comparativo entre os gráficos obtidos nos dois movimentos (lento e muito lento).</p> <p>As representações gráficas podem ser registradas em um celular com câmera de um componente do grupo para agilizar o processo.</p> <p>Tarefa 3: Construção e formalização do conceito de velocidade escalar média</p> <p>Os grupos estabelecem, e escrevem sucintamente, as relações observadas entre o formato da reta obtida no gráfico e a rapidez do movimento efetuado. Após, cada grupo, através de um representante, escreverá no quadro branco a relação encontrada.</p>

	<p>O conceito de rapidez média, ou velocidade escalar média, será colocado pelo professor, para o grande grupo, de acordo com a definição encontrada nos livros didáticos, com sua formalização matemática. É estabelecido um debate entre os grupos, mediado pelo professor, sobre a relação construída pelos estudantes e o conceito de velocidade encontrado nos livros didáticos. Durante as discussões o professor, para exemplificar, poderá utilizar o gráfico desenhado na Tarefa 1 para cálculo da velocidade. Depois de conceituado e formalizado o conceito de velocidade, todos procedem ao cálculo da velocidade utilizando os gráficos obtidos das Tarefas 1 e 2.</p> <p>Tarefa 4: Desenvolvimento de exercícios de lápis e papel.</p>
Avaliação	<p>A avaliação da aprendizagem será feita a partir da análise nas respostas qualitativas e quantitativas, contidos no Guia de Atividade 1, com questões envolvendo conceitos de distância, tempo físico, referencial e cálculo da velocidade escalar média. As respostas da Tarefa 4 serão avaliadas dentro dos mesmos critérios de análise. A avaliação dos objetivos de aprendizagem será efetivada de acordo com a Taxonomia de Bloom revisada, envolvendo preferencialmente a dimensão cognitiva nas categorias compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar, analisados na dimensão de conhecimento factual, conceitual e procedural, conforme o quadro abaixo.</p>

Fonte: Construção do autor

Quadro 7 - Objetivos de aprendizagem para a Atividade 1 na dimensão do processo cognitivo, segundo a Taxonomia de Bloom revisada

Dimensão do conhecimento	Dimensão do processo cognitivo					
	Lembrar	Compreender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Factual		Objetivo A1.1				
Conceitual		Objetivo A1.2 Objetivo A1.3 Objetivo A1.4	Objetivo A1.2 Objetivo A1.3 Objetivo A1.5	Objetivo A1.2 Objetivo A1.3	Objetivo A1.2 Objetivo A1.3	Objetivo A1.3
Procedural		Objetivo A1.2	Objetivo A1.2 Objetivo A1.3 Objetivo A1.5	Objetivo A1.3	Objetivo A1.3	Objetivo A1.3
Metacognitivo						

Fonte: Construção do autor

O Quadro 8 e o Quadro 9 referem-se respectivamente à descrição geral da Atividade 2, e à classificação dos objetivos educacionais na dimensão cognitiva segundo a Taxionomia de Bloom revisada (KRATHWOHL, 2002) ou expectativas de aprendizagem dos estudantes para esta atividade. O Guia de Atividade para a situação de ensino de MRUV é apresentado no APÊNDICE B.

Quadro 8 - Descrição geral da atividade para ensino de MRUV

ATIVIDADE PARA ENSINO DE MRUV	
Descrição	Movimentos retilíneos com velocidade uniformemente variável.
Conteúdo da Atividade	MRUV e queda livre.
Tempo Previsto	5 horas-aula (50 min cada).
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> a) Computador; b) Placa micro processada do tipo Arduino; c) Placa de prototipagem (<i>protoboard</i>); d) Sensor de distância (sonar); e) 5 <i>Jumpers</i>; f) Interface de aquisição de dados; g) <i>Software</i> para aquisição de dados (planilha eletrônica); h) Projetor multimídia; i) Trilho de alumínio de 1,5 m (aproximadamente); j) Objeto esférico com dimensões semelhantes a uma bola de tênis, preferencialmente de plástico ou metálico; k) Lousa e caneta; l) Livros didáticos; m) Guia de atividades do aluno.
Objetivos de ensino	<ul style="list-style-type: none"> a) Levar o aluno a estabelecer relações entre velocidade e tempo físico em situações onde a velocidade varia constantemente em intervalos de tempos iguais, observadas a partir de movimentos em um plano inclinado; b) Introduzir o conceito físico de aceleração constante, e suas respectivas unidades de medida, a partir das observações obtidas nos modelos físicos estudados; c) Levar o aluno a construir modelos físicos para movimentos em um plano inclinado, estabelecendo similaridades ao movimento de queda livre; d) Propor situações-problema de lápis papel.
Objetivos de Aprendizagem	<p>Objetivo A2.1: Entender o modelo adotado para estudo da queda livre como simplificações adotadas em estudos físicos de movimentos, diferenciando-o de situações reais.</p> <p>Objetivo A2.2: Analisar a grandeza física velocidade, diferenciando-a no contexto de um MRUV e na queda livre.</p> <p>Objetivo A2.3: Entender os movimentos realizados na sala de aula, interpretando-os como fatos, ou eventos, que podem ser representados como esquemas gráficos gerados para situações de MRUV.</p>

	<p>Objetivo A2.4: Entender aceleração média, interpretando-a como a relação de um deslocamento retilíneo percorrido entre dois pontos previamente estabelecidos, no qual a velocidade varia constantemente em um intervalo de tempo considerado.</p> <p>Objetivo A2.5: Aplicar os conhecimentos adquiridos em situações-problemas de lápis-papel.</p>
Desenvolvimento	<p>Tarefa 1: Estudo de um movimento uniformemente variado usando sensor sonar e plano inclinado.</p> <p>Os estudantes, reunidos em grupos e utilizando o sensor sonar, realizam movimentos soltando um objeto esférico (bola de borracha ou algo semelhante) em um plano inclinado (trilho de alumínio apoiado em uma das extremidades) com aproximadamente 10° de inclinação. A medida que a esfera desce o plano inclinado, as medidas de distância, velocidade e tempo são coletadas pelo sensor sonar, e os gráficos distância por tempo e velocidade por tempo são projetados no quadro branco, em tempo real. Ao final do movimento as medidas obtidas são anotadas pelos estudantes em seu Guia de Atividade 2, e os gráficos registrados, por um componente de cada grupo, utilizando, por exemplo, a câmera de um celular, para agilizar o processo.</p> <p>Tarefa 2: Comparando representações gráficas geradas por softwares, obtidas a partir da criação de movimentos executados, com os idealizados por grupos de estudantes da Tarefa 1.</p> <p>Utilizando as medidas de distância e tempo copiadas do movimento realizado pela esfera descendo o plano inclinado, os componentes do grupo, individualmente, utilizando régua e lápis, irão esboçar no Guia de Atividade 2 os gráficos distância por tempo e velocidade por tempo, utilizando somente os pontos cujas coordenadas foram anotadas durante o experimento. Cada grupo conclui sobre o que observou, indicando as diferenças e/ou semelhanças encontradas, comparando os gráficos obtidos pelo sensor e os gráficos desenhados na Tarefa 1.</p> <p>Tarefa 3: Construção e formalização do conceito de aceleração escalar média.</p> <p>O professor demonstra, passo a passo e utilizando os dados de posição e tempo gerados com uso do sensor na Tarefa 2, a construção da relação entre a distância percorrida e o tempo do movimento, reforçando o conceito de velocidade. Após o professor solicita aos alunos que calculem a razão entre os diferentes valores de velocidades escalares obtidos e seus respectivos intervalos de tempo, levando-os a percepção de que, para intervalos de tempo aproximadamente iguais, as diferenças entre os valores de velocidade escalar média variam de uma quantidade aproximadamente constante, sendo definida como aceleração escalar média. Os estudantes utilizando o Guia de Atividade 2 desenham o gráfico correspondente (aceleração por tempo), descrevendo suas características. O professor define a grandeza física aceleração escalar média para o grande grupo a partir dos livros didáticos, com sua formalização matemática. É estabelecido um diálogo entre os grupos, com orientação do professor, sobre a relação construída pelos estudantes e o conceito de aceleração encontrado nos livros didáticos.</p> <p>Tarefa 4: Sistematizando os conceitos construídos e criando novos movimentos com o corpo.</p>

	<p>O professor convida os estudantes para exemplificar os movimentos uniforme e uniformemente variado, sistematizando os conceitos referentes aos assuntos estudados. Os estudantes, mantendo a mesma formação de grupos, são instigados a utilizar diferentes tamanhos de objetos esféricos e a observar os resultados, utilizando o sensor sonar. Após, os estudantes são desafiados a realizar um movimento uniformemente variado ao alcance do sonar, com o sistema de aquisição automática de dados. Utilizando seu guia de atividades, concluem sobre seus resultados através de discussões no grupo.</p> <p><u>Tarefa 5:</u> Desenvolvimento de exercícios de lápis e papel.</p>
Avaliação	<p>A avaliação da aprendizagem será feita a partir da análise das respostas qualitativas e quantitativas, contidas no Guia de Atividade 2, com questões envolvendo gráficos do MRUV, cálculo de velocidade escalar média variável e aceleração escalar média. As respostas da Tarefa 5 serão avaliadas dentro dos mesmos critérios de análise. A avaliação dos objetivos de aprendizagem será efetivada de acordo com a Taxonomia de Bloom revisada, envolvendo preferencialmente a dimensão cognitiva nas categorias compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar, analisados na dimensão de conhecimento factual, conceitual e procedural, conforme o quadro abaixo.</p>

Fonte: Construção do autor

Quadro 9 - Objetivos de aprendizagem para a Atividade 2 na dimensão do processo cognitivo, segundo a Taxonomia de Bloom revisada.

Dimensão do conhecimento	Dimensão do processo cognitivo					
	Lembrar	Compreender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Factual						
Conceitual		Objetivo A2.1 Objetivo A2.4	Objetivo A2.5	Objetivo A2.2		
Procedural		Objetivo A2.3	Objetivo A2.5			
Metacognitivo						

Fonte: Construção do autor

5.3.2 Classificação das situações didáticas

Cada uma das situações didáticas foi formulada levando em conta a classificação das situações como proposta por Brousseau. O Quadro 10 e o Quadro 11 apresentam as situações

planejadas conforme essa classificação, de acordo com as atividades e tarefas propostas nos guias de atividades apresentados no APÊNDICE A e APÊNDICE B.

Os quadros se referem a situações didáticas que envolvem as situações ação, formulação e validação desenvolvidas nas Atividades 1 e 2 desenvolvidas pelo aluno com a orientação do professor, além das situações de devolução formulados pelo professor para o estudante, e as situações de institucionalização entre o professor e toda a classe, para socialização dos conhecimentos apropriados.

Quadro 10 - Planejamento da situação didática para o ensino de MRU, usando a classificação da Teoria das Situações Didáticas

SITUAÇÃO DIDÁTICA PARA O ENSINO DE MRU	
Situação Adidática	Tarefa 1: Aprendendo a elaborar gráficos em papel milimetrado utilizando dados de posição X tempo obtidos com planilha eletrônica e sensor sonar
Ação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realize um movimento compassado de afastamento do sonar com rapidez (constante) e lenta, entre dois pontos previamente sinalizados em sala de aula. 2. Após anote na tabela abaixo as medidas de distância percorrida e tempo, indicadas pelo professor. 3. Utilizando os dados da tabela acima, desenhe o gráfico representativo do movimento realizado, usando o espaço milimetrado a seguir.
Formulação	<ol style="list-style-type: none"> 4. Escreva no quadro abaixo os conceitos discutidos em sala de aula de referencial, distância entre dois pontos, e intervalo de tempo. 5. Escolha e indique, no gráfico definitivo da página anterior, dois pontos para cálculo da distância e o seu correspondente intervalo de tempo. 6. Indique no gráfico definitivo da página anterior, com uma seta, o ponto representativo da origem do movimento.
Situação Didática	Tarefa 2: Comparando representações gráficas geradas por softwares e obtidas a partir da criação de movimentos executados e idealizados por grupos de estudantes
Ação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Idealize e nomeie dois tipos de movimentos lentos, um de afastamento e outro de aproximação do sonar, para serem executados em linha reta entre dois pontos distantes aproximadamente 3 metros um do outro. 2. Executem os movimentos usando o sensor sonar. 3. Utilize um celular com câmera para registrar os dois gráficos. 4. Nas tabelas abaixo: <ol style="list-style-type: none"> a. Indiquem um nome para cada um dos tipos de movimento. b. Marquem com um “X” indicando se o movimento foi de aproximação ou de afastamento do sonar.

	<p>c. Desenhe o gráfico obtido de acordo com o resultado mostrado no <i>datashow</i> (o mesmo registrado pelo celular).</p> <p>d. Utilizem o espaço abaixo do gráfico para descrever o gráfico.</p> <p>e. Anote, na tabela abaixo do gráfico, algumas medidas de distância e tempo do gráfico gerado.</p>
Situação Didática	Tarefa 3: Construção e formalização do conceito de velocidade escalar média
Formulação	1. Considerando os aspectos de rapidez e sentido do deslocamento em relação ao sensor sonar (afastamento ou aproximação), nos movimentos executados, o que você pôde observar com relação ao formato do gráfico gerado? Discuta com o restante do grupo esta situação e escreva no espaço abaixo o que foi observado.
Institucionalização	2. Após, cada grupo deverá socializar sua escrita utilizando o espaço indicado pelo professor.
Formulação	3. Para cálculo da velocidade escalar média, utilize os intervalos de tempo e as distâncias indicadas pelo professor, obtidas do movimento realizado por um aluno ao alcance do sensor sonar.
	4. A definição apresentada pelo professor de velocidade escalar média está de acordo os dados obtidos no item 3?
	5. Justifique a resposta da questão anterior.
	6. Calcule a velocidade escalar média utilizando dados obtidos no Movimento 1 - Tabela 2 e no Movimento 2 - Tabela 3, nas páginas 5 e 6, da Tarefa 2. Selecione intervalos de tempo iguais para o cálculo da velocidade escalar média.
Ação	7. Um componente do grupo deverá posicionar-se durante alguns segundos, sem se movimentar, em qualquer posição ao alcance do sonar. Faça um esboço do gráfico no espaço “Gráfico”.
	8. Após, o mesmo componente do grupo deverá posicionar-se novamente durante alguns segundos, ao alcance do sonar, em uma posição diferente do item anterior. Faça um esboço do gráfico no espaço “Gráfico 5”.
Formulação	9. Comparando os gráficos 4 e 5, quais são as semelhanças, e diferenças, observadas.
Validação	10. Usando os gráficos desenhados nesta atividade, como você desenharia um gráfico de alguém que está parado a uma distância de 1,0 metro do sensor sonar, durante 10 segundos e, em seguida, se afasta do sonar, durante 5,0 segundos com uma rapidez constante e lenta?
	11. Usando os gráficos desenhados nesta atividade, como você desenharia um gráfico de alguém que está parado, durante 5,0 segundos, a uma distância de 2,0 metros do sensor sonar e, em seguida, se aproxima do sonar, durante 5,0 segundos, com uma rapidez constante e lenta?

Fonte: Construção do autor

Quadro 11 - Planejamento da situação didática para o ensino de MRUV, usando a classificação da Teoria das Situações Didáticas

SITUAÇÃO DIDÁTICA PARA O ENSINO DE MRUV	
Situação Didática	Tarefa 1: Aquisição automática de dados e levantamento de tabelas e gráficos de um movimento uniformemente variado usando sensor sonar e plano inclinado
Ação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realize um movimento soltando (sem empurrar) um objeto esférico na extremidade superior do plano inclinado. 2. Registre, na Tabela 1, a posição, o tempo, a velocidade e a aceleração projetadas no quadro branco. 3. Fotografe com um celular as imagens dos gráficos projetadas no quadro branco. 4. Usando os dados da Tabela 1 desenhe o gráfico de posição x tempo. Se necessário utilize as imagens registradas no celular. 5. Usando os dados da Tabela 2 desenhe o gráfico da velocidade x tempo.
Formulação	6. Em grupo analisem os dois gráficos desenhados descrevendo nos espaços abaixo as principais características observadas em cada um.
Situação Didática	Tarefa 2: Construção e formalização do conceito de aceleração escalar média
Ação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Siga as instruções abaixo para montagem da Tabela 2. <ol style="list-style-type: none"> a. Copie as medidas de tempo, distância e velocidade da Tabela 1. b. Calcule a aceleração dividindo Coluna C pela A. 2. As acelerações obtidas são iguais?
Formulação	<ol style="list-style-type: none"> 3. Selecione um intervalo de tempo qualquer na Tabela 2, com suas respectivas velocidades, e calcule a aceleração média, usando a Tabela 3 abaixo. 4. O que você pode afirmar comparando os valores das acelerações obtidas a partir das velocidades calculadas em intervalo de tempo iguais? 5. Qual a relação entre a variação da velocidade, nos intervalos de tempo obtidos, e a aceleração calculada? Discuta com o grupo e escreva as conclusões no quadro abaixo.
Ação	6. Desenhe o gráfico da aceleração x tempo, usando os dados da Tabela 3.
Formulação	<ol style="list-style-type: none"> 7. Escreva resumidamente o que significa velocidade escalar média. 8. Escreva resumidamente o que significa aceleração escalar média.
Situação Didática	Tarefa 3: Sistematizando os conceitos construídos e criando novos movimentos
Ação, validação e sistematização	1. Soltem na rampa inclinada (sem empurrar), dois diferentes tipos de bolinha (fornecidas pelo professor), uma por vez, usando sempre a mesma inclinação. Execute os movimentos do início até o fim da rampa inclinada. Anote na tabela abaixo (Procedimento 1) as medidas de tempo e velocidade obtidas a partir de dados capturados pelo sensor sonar. Após, calcule a aceleração média para o movimento de cada bolinha.

	2. Finalizado o procedimento 1, aumente um pouco a inclinação da rampa e refaça o procedimento, usando a tabela do procedimento 2 para registrar os dados.
Formulação	1. Com relação à velocidade nos procedimentos executados, pode-se afirmar que:
	2. Com relação à aceleração média calculada nos procedimentos executados, pode-se afirmar que:
	3. Com relação à inclinação da rampa e a velocidade no final do percurso, podemos afirmar que:
	4. Que fator foi preponderante na alteração da velocidade das bolinhas, em cada procedimento?
	5. Se soltarmos (sem empurrar) uma bolinha inicialmente no início da rampa inclinada e, após finalizado o movimento, executá-lo novamente soltando a bolinha no meio da rampa inclinada, sem alterar a inclinação, é correto afirmar que no final do percurso:

Fonte: Construção do autor

5.4 Colhendo dados *à priori*

Antes da fase da experimentação da engenharia, foram realizadas duas sessões com os participantes, conforme descreve o Quadro 12. Essas sessões foram utilizadas para coleta de dados *à priori*, na forma de pré-teste, e consistiram basicamente da aplicação do teste de conhecimento de cinemática e do teste de motivação para aprender desenvolvido por Neves e Boruchovitch (2007).

Quadro 12 - Cronograma de coleta de dados *à priori* do teste de conhecimento (pré-teste) e da motivação para aprender (pré-teste)

1ª Sessão	
Data	10/03/2015
Hora início	14h10min
Hora término	15h50min
Nº de horas-aula	02
Teste de motivação	Primeiro encontro com a turma experimental. Após apresentação pessoal, foi realizado o convite para que os estudantes participassem da pesquisa, explicando os objetivos do trabalho a ser realizado e da necessidade de voluntariedade na participação dos estudantes. Também foi enfatizado que, caso houvesse aceitação, haveria a necessidade do consentimento por parte dos pais ou responsáveis para inclusão do estudante no grupo alvo da pesquisa. Foi entregue uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento para participação em pesquisa, salientado a importância da leitura e da assinatura do responsável autorizando a participação do estudante nas atividades. Foi explicado que a escolha por não participar da pesquisa não implicaria em nenhum tipo

	de prejuízo com relação a notas e/ou frequência. Após, os estudantes voluntariamente responderam a sondagem de motivação para aprender.
2ª Sessão	
Data	17/03/2015
Hora início	14h10min
Hora término	15h50min
Nº de horas-aula	02
Teste de conhecimento	O objetivo deste encontro foi a aplicação do teste de conhecimento (pré-teste). Inicialmente foi explanado qual o objetivo desta atividade, ressaltando a importância de seu correto preenchimento. Devido a extensão do teste de conhecimento o tempo total da sessão foi utilizado.

Fonte: Construção do autor

5.5 O teste de conhecimento de cinemática

O teste de conhecimento de cinemática foi elaborado contendo 39 questões de múltipla escolha e aplicado nesta fase da engenharia com os participantes da pesquisa (Quadro 12). O teste de conhecimento é apresentado no APÊNDICE C. As últimas oito questões do teste (questões de número 32 a 39) são questões retiradas do teste TUG-K (*Test of Understanding Graphs in Kinematics*) desenvolvido por Beichner (1994).

5.5.1 Análise da fidedignidade do teste de conhecimento

A fidedignidade ou confiabilidade do teste antes da realização da experiência foi estudada com a estatística Kuder-Richardson Fórmula 20 (KR-20), que corresponde a uma medida de consistência interna do teste, com valores entre 0,00 e 1,00. Para testes com número de itens maiores do que 15 até 50 itens, a literatura recomenda um valor mínimo de 0,80 para que o teste tenha confiabilidade aceitável, sendo que para pesquisas educacionais, é aceitável valores acima de 0,70. O teste elaborado e aplicado antes da experimentação, ou *à priori* a realização da engenharia, resultou em um índice de 0,56 (Tabela 1) já esperado, uma vez que os participantes, nesta fase da pesquisa, não haviam sido submetidos às atividades planejadas.

Tabela 1 - Índice de fidedignidade do teste de conhecimento de cinemática realizado na fase de pesquisa *à priori*

Coeficiente de fidedignidade	Valor <i>à priori</i>
Kuder-Richardson (KR-20)	0,56

Fonte: Construção do autor

5.5.2 Análise de itens do teste de conhecimento

Para a análise de itens do teste de conhecimento, foram calculados os índices de discriminação (d) e de dificuldade do item ρ ($r\hat{o}$). Como já mencionado na Eq. 3, o grau de dificuldade do item é medido pela razão entre o número de estudantes que optaram pela resposta correta do item em relação ao número total de estudantes participantes, com valores entre 0,00 e 1,00. A Tabela 2 apresenta a avaliação do grau de dificuldade de um item adotado.

Tabela 2 - Avaliação do grau de dificuldade de um item

Índice de dificuldade (ρ)	Interpretação
$\rho \leq 0,20$	Muito difíceis
$0,20 < \rho \leq 0,40$	Difíceis
$0,40 < \rho \leq 0,60$	Médios
$0,60 < \rho \leq 0,80$	Fáceis
$\rho > 0,80$	Muito fáceis

Fonte: Santo (1978, p. 39)

Neste estudo, adotou-se o critério de aceitação de um item, ou questão, para valores de índice de dificuldade entre 0,21 e 0,80, classificados como difíceis ou médios ou fáceis, com índice de discriminação maior ou igual a 0,30 (SANTO, 1978, p. 40). Os dados obtidos para o índice de dificuldade e o índice de discriminação dos itens estão apresentados na Tabela 3, com os valores que não atendem aos critérios adotados marcados em negrito nesta tabela.

Tabela 3 - Índices de discriminação e de dificuldade por item do teste de conhecimento na fase *à priori* da pesquisa. Em negrito estão assinalados os itens não aceitáveis segundo critérios propostos para o índice de dificuldade e de discriminação

Item	Dificuldade (ρ)	Discriminação (d)	Item	Dificuldade (ρ)	Discriminação (d)
1	0,58	0,61	21	0,37	0,21
2	0,53	0,32	22	0,47	0,57

3	0,21	0,57	23	0,58	0,61
4	0,95	-0,14	24	0,53	0,46
5	0,32	0,18	25	0,37	0,21
6	0,58	0,46	26	0,26	0,61
7	0,42	0,39	27	0,47	0,57
8	0,05	0,14	28	0,26	0,71
9	0,32	0,07	29	0,16	-0,36
10	0,21	-0,21	30	0,37	0,07
11	0,32	0,36	31	0,21	-0,14
12	0,21	0,00	32	0,21	-0,04
13	0,16	0,21	33	0,00	0,00
14	0,47	0,25	34	0,05	0,14
15	0,26	0,36	35	0,11	0,04
16	1,00	0,00	36	0,16	-0,25
17	0,26	0,18	37	0,26	-0,11
18	0,84	-0,14	38	0,00	0,00
19	0,42	0,18	39	0,26	0,11
20	0,37	0,64			

Fonte: Construção do autor

Os valores em negrito nesta tabela indicam itens do teste que não satisfazem os critérios elegidos neste estudo. De 39 questões ou itens propostos no teste de conhecimento, 24 deles apresentaram índice de dificuldade (ρ) ou de discriminação (d), fora da faixa proposta como aceitável.

A distribuição de frequência dos escores apurados de acordo com o índice de dificuldade (ρ) está apresentada Tabela 4, e a distribuição de frequência para os índices de discriminação (d), destes mesmos resultados, está apresentada na Tabela 5.

Tabela 4 - Distribuição de frequência da classificação dos itens de acordo com o índice de dificuldade (ρ) na coleta de dados *à priori* na forma de pré-teste de conhecimento

Índice de dificuldade dos itens (ρ)	Interpretação	Frequência de classificação dos itens	Frequência relativa
$\rho \leq 0,20$	Muito difíceis	8	20,5%
$0,20 < \rho \leq 0,40$	Difíceis	18	46,2%
$0,40 < \rho \leq 0,60$	Médios	10	25,6%
$0,60 < \rho \leq 0,80$	Fáceis	0	0,0%
$\rho > 0,80$	Muito fáceis	3	7,7%
	Σ	39	100%

Fonte: Construção do autor

Tabela 5 - Distribuição de frequência da classificação dos itens de acordo com o índice de discriminação (d) na coleta de dados *à priori* na forma de pré-teste de conhecimento

Índice de discriminação (d)	Frequência	Frequência relativa
$d < 0,30$	25	64,1%
$d \geq 0,30$	14	35,9%
Σ	39	100%

Fonte: Construção do autor

A distribuição de frequência da classificação dos itens de acordo com o índice de dificuldade (ρ), no pré-teste de conhecimento, demonstrada na Tabela 4, evidencia que a maior concentração de questões foi classificada como difícil ($0,20 < \rho \leq 0,40$), totalizando 46,2% do apurado, seguidas de 20,5% de questões categorizadas como muito difíceis ($\rho \leq 0,20$). Com relação à distribuição de frequência da classificação dos itens de acordo com o índice de discriminação (d), 64,1% das questões ficaram fora do critério adotado ($d \geq 0,30$). Destacam-se, também, as últimas questões da Tabela 3, que se referem a análises gráficas, as quais foram classificadas como muito difíceis ($\rho \leq 0,20$), pelo índice de dificuldade e também rejeitada com índice de discriminação $d < 0,30$). Estes resultados já eram esperados, e se justificam, uma vez que tanto o índice de dificuldade como o índice de discriminação têm por base os escores obtidos pelos estudantes na fase *à priori*, portanto antes dos estudantes terem a instrução.

6 EXPERIMENTAÇÃO DA ENGENHARIA: 3ª FASE DA PESQUISA

A sequência de ensino elaborada foi composta de dois guias de atividades, subdividido em 4 tarefas cada um, planejadas para o desenvolvimento de conceitos introdutórios de Física no 9º do ensino fundamental. As atividades de experimentação iniciaram no dia 24 de março de 2015 e finalizaram em 05 de maio de 2015 perfazendo 16 seções de intervenções com os estudantes. Visando o protagonismo dos estudantes na construção de seus conhecimentos, as situações didáticas foram planejadas para que a simultaneidade da elaboração de gráficos com a ação dos estudantes, possibilitasse a elaboração de novos saberes, com ajuda da interatividade característica dos recursos informatizados escolhidos. Assim, no contato inicial com os estudantes foi esclarecido que a dinâmica que seria utilizada fugiria do padrão adotado pelo ensino tradicional. Foi enfatizado que a participação era voluntária e que os instrumentos utilizados buscariam uma alternativa ao padrão de ensino adotado comumente pelos professores, mas que o mais importante ainda era a concordância deles em participar no processo que se estava iniciando. Durante o desenvolvimento das atividades os estudantes demonstram dedicação e interesse pela nova dinâmica experimentada. Com vistas à verificação dos novos conceitos, no final de cada tarefa e após as ações executadas e formalizadas pelos estudantes, foram propostas situações para validação dos conhecimentos apropriados buscando, através do diálogo, a mobilização dos saberes na busca por respostas, as quais poderiam ser institucionalizadas no decorrer nas demais tarefas. O desenvolvimento das atividades demonstrou que os estudantes aprendem “adaptando-se a um meio que é fator de contradições, dificuldades, desequilíbrios. Esse saber, fruto de sua adaptação, manifesta-se por intermédio de novas respostas, que são a marca da aprendizagem.” (BROSSEAU, 2012, p. 34).

6.1 Disposição do sistema de aquisição automática de dados na sala de aula

A sala de aula foi preparada baseado no croqui apresentado na Figura 13. O computador e o *datashow* foram dispostos sobre uma mesa posicionada paralelamente ao quadro branco, a uma distância de aproximadamente 3 metros deste (Figura 15). Nesta mesma mesa foi posicionado a placa micro processada com o sensor sonar.

Figura 15 - Disposição do sistema de aquisição automática de dados para as atividades de MRU e MRUV

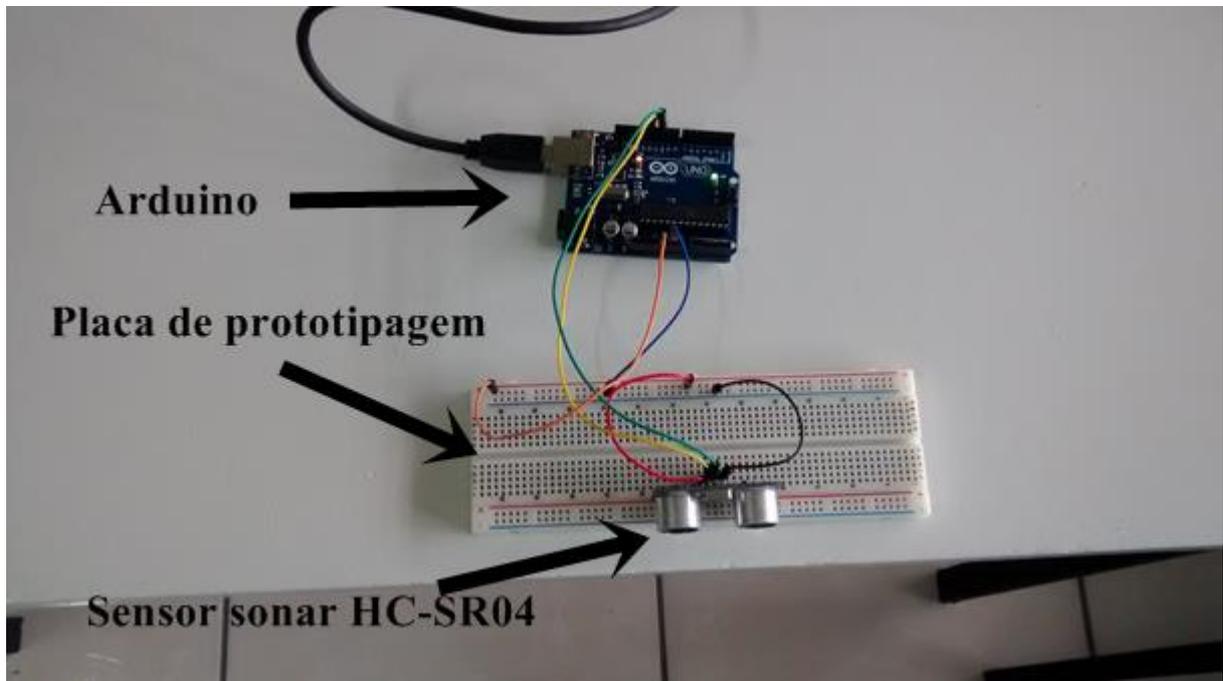


Fonte: Foto do autor

Em destaque na Figura 16, estão mostrados a placa micro processada (Arduino UNO) e o sensor sonar (HC-SR04). Os dois apresentam-se nesta figura conectados a uma placa de prototipagem (*protobard*). Este sistema já foi apresentado esquematicamente na Figura 12, na fase da concepção e análise *à priori* da engenharia.

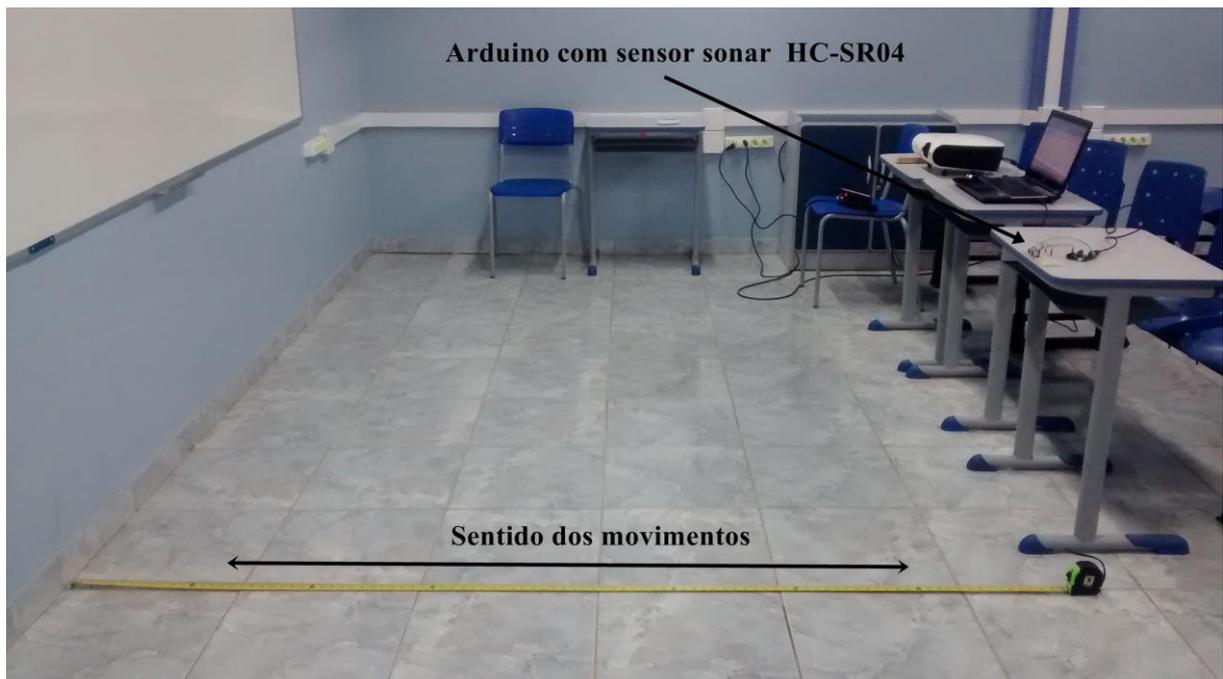
Os movimentos realizados pelos estudantes no decorrer das atividades para o estudo de MRU e MRUV foram balizados por uma fita métrica colocada sobre o piso da sala de aula (fita amarela mostrada na Figura 17).

Figura 16 - Placa micro processada do tipo Arduino UNO com sensor sonar (HC-SR04) como utilizados para as atividades de MRU e MRUV



Fonte: Foto do autor

Figura 17 - Indicação da direção dos movimentos realizados pelos estudantes durante as atividades, balizados pela fita métrica amarela sobre o piso da sala de aula



Fonte: Foto do autor

6.2 Desenvolvimento das aulas

No Quadro 13 constam o cronograma de dias das sessões com os participantes para o estudo de MRU, a carga horária total da atividade e a quantidade de seções correspondentes.

Quadro 13 - Cronograma de aplicação e descrição da atividade para ensino de MRU realizada com a turma 92 do 9º ano do ensino fundamental

Atividade de MRU – 06 Seções – 12 horas-aula	
1ª Sessão	
Data	24/03/2015
Hora início	14h10min
Hora término	15h50min
Nº de horas-aula	02
Descrição das Tarefas desenvolvidas	Para esta seção foi planejada uma atividade prática com uso de papel milimetrado no auxílio da construção de gráficos. Esta atividade foi necessária para que os estudantes tomassem conhecimento dos princípios básicos da elaboração de gráficos e, simultaneamente, revisassem o conteúdo de unidades de medidas de comprimento.
2ª Sessão	
Data	30/03/2015
Hora início	16h
Hora término	17h40min
Nº de horas-aula	02
Descrição das Tarefas desenvolvidas	Início das atividades práticas com uso de computador e sensor sonar. Os estudantes dividiram-se em grupos e, em seguida, o Guia de Atividade 1 (movimento retilíneo uniforme), com a Tarefa 1, foi entregue aos estudantes com instruções de como usá-lo. Também foi demonstrado o uso do sensor sonar e os cuidados a serem tomados para sua utilização. Após, com a participação de um voluntário, o gráfico de um movimento foi construído a título de demonstração. Finalizada a demonstração, os grupos escolheram os estudantes que realizariam os movimentos de aproximação e afastamento do sonar. Os demais ficariam responsáveis pela cópia dos dados da tabela gerada simultaneamente pelo computador, de acordo com a sequência explicitada no Guia de Atividades 1.
3ª Sessão	
Data	02/04/2015
Hora início	14h10min
Hora término	15h50min
Nº de horas-aula	02
Descrição das Tarefas desenvolvidas	O momento inicial da aula foi reservado para que os componentes de cada grupo pudessem verificar seus resultados da aula anterior. Após, foi dada sequência as atividades previstas para a Tarefa 2 do Guia de Atividade 1. Nesta atividade, inicialmente, os estudantes formularam alguns conceitos da cinemática e em seguida realizarem novos movimentos de aproximação de afastamento do sonar, com rapidez

	constante. Desta vez o planejamento do movimento e sua realização ficaram a cargo do grupo. Os dados obtidos foram registrados em imagens e em tabelas constantes na Tarefa 2 e os gráficos esboçados no espaço designado no material da Tarefa 2.
4ª Sessão	
Data	14/04/2015
Hora início	14h10min
Hora término	15h50min
Nº de horas-aula	02
Descrição das Tarefas desenvolvidas	Nesta seção foi dada sequência ao guia de Atividade 1 com o desenvolvimento da Tarefa 3. Aqui foi proposta uma conversa com os estudantes a partir dos gráficos obtidos na Tarefa 2 da Atividade 1. Os estudantes formalizaram as características dos gráficos obtidos quando da realização da ação de afastamento e aproximação do sensor sonar. Após, utilizando os dados destes mesmos gráficos construíram e formularam o conceito de velocidade escalar.
5ª Sessão	
Data	16/04/2015
Hora início	16h
Hora término	17h40min
Nº de horas-aula	02
Descrição das Tarefas desenvolvidas	Continuação da Tarefa 2 da aula anterior. Foi proposto que um estudante de cada grupo permanecesse em repouso, sob o alcance do sensor sonar. Cada grupo registrou o gráfico gerado. Após, o mesmo estudante assumiu nova posição, permanecendo em repouso, e sob o alcance do sonar. Cada grupo, então, relatou as diferenças e/ou semelhanças entre os gráficos obtidos para a situação proposta, formulando uma situação de repouso. Ainda, nesta tarefa foi proposta outra situação que envolvesse movimento e repouso, com o levantamento da curva respectiva, para validação da Tarefa.
6ª Sessão	
Data	23/04/2015
Hora início	14h10min
Hora término	15h50min
Nº de horas-aula	02
Descrição das Tarefas desenvolvidas	Para validação do Guia de Atividades I, na Tarefa 4 foi proposta aos estudantes uma sequência de 19 questões relacionadas aos conceitos físicos de deslocamento, trajetória, referencial, espaço percorrido, intervalo de tempo, gráficos de velocidade x tempo e cálculo da velocidade escalar média. Durante a resolução das questões, algumas dúvidas foram esclarecidas através do diálogo, ficando o computador e o sensor sonar disponível para a repetição, quando necessário, de movimentos já realizados.

Fonte: Construção do autor

No Quadro 14 constam o cronograma de dias das sessões com os participantes para o estudo de MRUV, a carga horária total da atividade e a quantidade de seções correspondentes.

Quadro 14 - Cronograma de aplicação e descrição da atividade para ensino de MRUV realizada com a turma 92 do 9º ano do ensino fundamental

Atividade de MRUV – 03 Seções – 6 horas aula	
1ª Sessão	
Data	28/04/2015
Hora início	14h10min
Hora término	15h50min
Nº de horas-aula	02
Descrição das Tarefas desenvolvidas	<p>Nesta data, foi dado início ao Guia de Atividade 2, Tarefa 1, referente a noções de MRUV. Novamente os estudantes formaram grupos para o desenvolvimento das tarefas. Para execução das seções, foi utilizado um trilho inclinado e uma bolinha de borracha com dimensões semelhantes à uma bola de tênis. O conjunto computador e sonar foi colocado na parte superior do trilho em uma posição na qual o movimento de descida pudesse ser capturado, e o correspondente gráfico projetado através do <i>datashow</i>. Dois estudantes foram escolhidos para realizar, em dois momentos distintos, o movimento de descida da bolinha na rampa, soltando, sem empurrar, a bolinha na parte mais alta da rampa. Simultaneamente, a planilha eletrônica exibiu as tabelas com os valores de tempo, posição e velocidade. Realizada esta ação, os estudantes, individualmente, esboçaram no guia de atividade os gráficos posição x tempo e velocidade x tempo, baseando-se nos dados obtidos e, em seguida, formalizaram as características encontradas nos gráficos. No final da atividade foram gerados os gráficos de posição x tempo e velocidade x tempo, utilizando o Excel com os mesmos dados colhidos pelos estudantes, para servir de comparação com os resultados da tarefa já realizada. A atividade foi institucionalizada com um diálogo com a participação de todos os participantes, professor e estudantes, sobre a construção dos gráficos velocidade x tempo e posição x tempo no MRUV.</p>
2ª Sessão	
Data	30/04/2015
Hora início	16h
Hora término	17h40min
Nº de horas-aula	02
Descrição das Tarefas desenvolvidas	<p>Iniciado o Guia de Atividade 2, Tarefas 2. Este foi o momento da construção e formalização do conceito de aceleração escalar média. A partir da tabela da Tarefa 1, Guia de Atividade 2, os estudantes calcularam o valor da aceleração escalar média indicando se houve alguma variação significativa nesta grandeza. Na sequência, e utilizando somente os gráficos de velocidade x tempo, os estudantes calcularam, para intervalos de tempo iguais, a aceleração escalar média, formulando a noção deste conceito e relacionando-o com a variação da velocidade escalar média. Para finalizar, o gráfico da aceleração x tempo foi esboçado.</p>
3ª Sessão	
Data	05/05/2015
Hora início	14h10min

Hora término	15h50min
Nº de horas-aula	02
Descrição das Tarefas desenvolvidas	Nas Tarefas 3 e 4 foram sistematizados os conceitos construídos nas Tarefas 1 e 2 a partir da criação de novos movimentos que foram validados através de 5 questões propostas. Estas tarefas foram executadas em conjunto pelos estudantes onde suas formalizações e respostas foram discutidas entre todos os grupos, buscando a institucionalização do conhecimento.

Fonte: Construção do autor

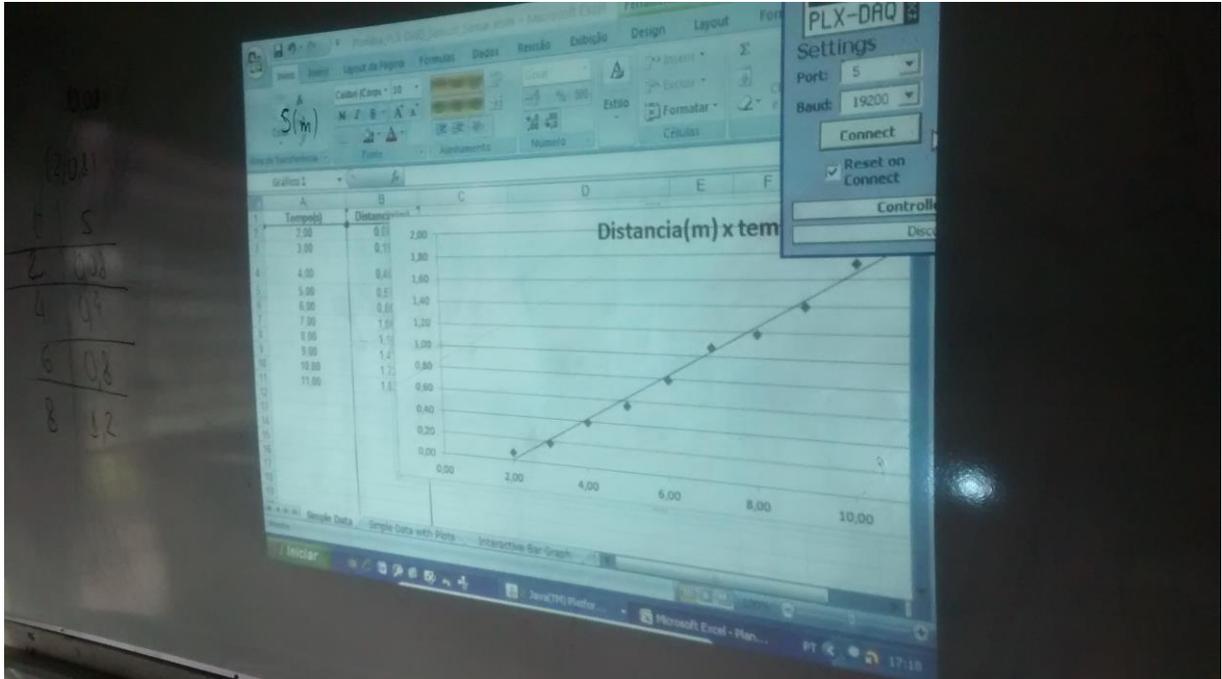
6.3 Ilustração de uma sessão de aulas da sequência de ensino

Para ilustrar como as aulas transcorreram, esta seção apresenta uma descrição simplificada sobre como foi realizada a 2ª e 3ª Sessões de aulas (Quadro 13) referentes as Tarefas 1 e 2 da Atividade 1 (APÊNDICE A).

Nas Tarefas 1 e 2 da Atividade 1, os estudantes realizavam movimentos que pudessem ser caracterizados como MRU, sob o alcance de um sistema de aquisição automático de dados, explorando a relação entre intervalos de tempos (aproximadamente 1 segundo) e posições por eles assumidas e registradas pelo sonar, a cada um destes intervalos de tempo. Esses dados, na forma de tabelas e gráficos, eram projetados através do *datashow* sobre o quadro branco e anotados no Guia de Atividade 1.

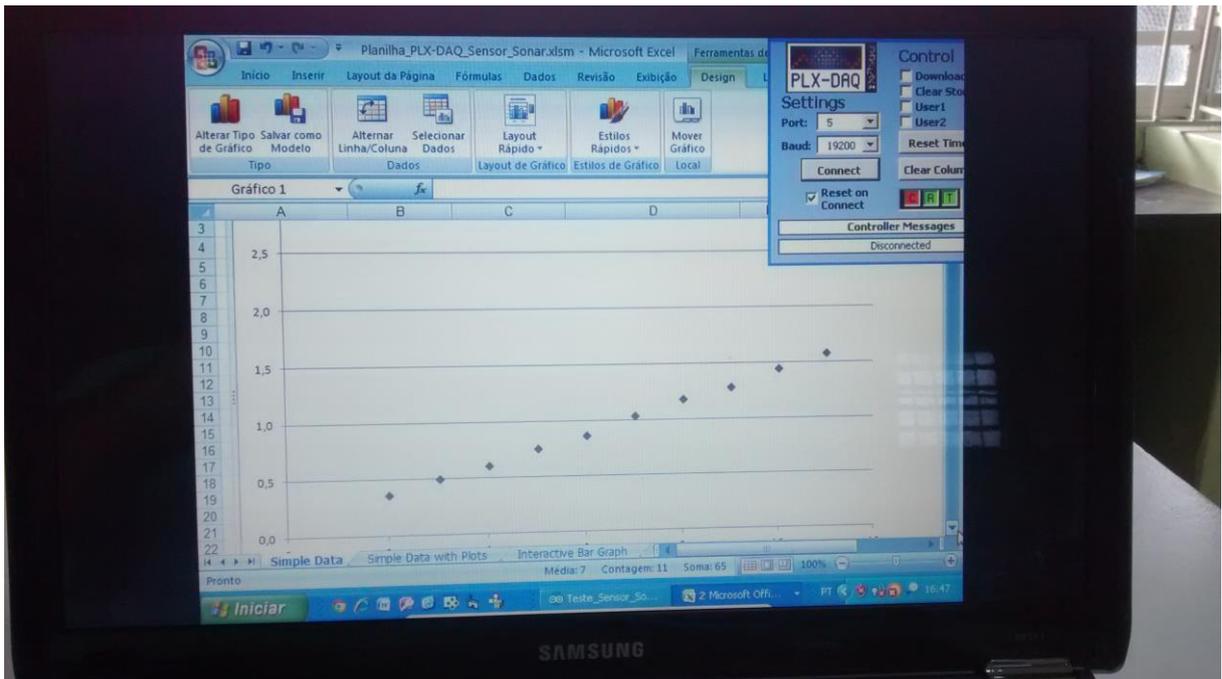
A dinâmica da sala de aula aconteceu com a realização dos movimentos propostos na tarefa em três grupos; cada grupo se subdividiu em dois subgrupos em que, cada subgrupo realizava movimentos de aproximação (ou afastamento) do sensor sonar, com projeção de tabela e respectivo gráfico (posição x tempo) sobre o quadro branco, como ilustra a Figura 18. Esses resultados eram simultaneamente apresentados no monitor do computador e visualizados pelo grupo que realizava a ação (Figura 19); os demais grupos da sala também visualizam os resultados da ação deste grupo. Em momentos subsequentes nesta mesma sessão de aulas, os demais grupos também realizavam ações semelhantes para a mesma tarefa já realizada pelo primeiro grupo.

Figura 18 - Exemplo da projeção de dados sobre o quadro branco coletados pelo sistema de aquisição de dados durante a realização de movimentos pelos estudantes propostos na Tarefa 1 da Atividade



Fonte: Foto do autor

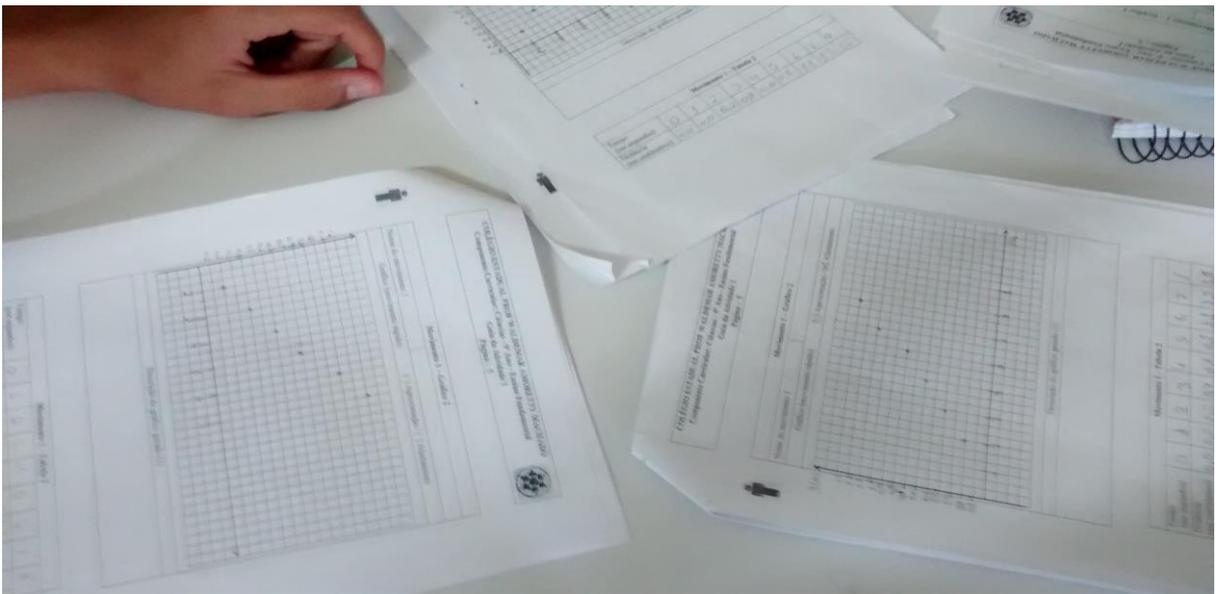
Figura 19 - Exemplo de apresentação do gráfico no monitor do computador durante a realização de movimentos por um dos grupos de estudantes na realização da Tarefa 1 da Atividade



Fonte: Foto do autor

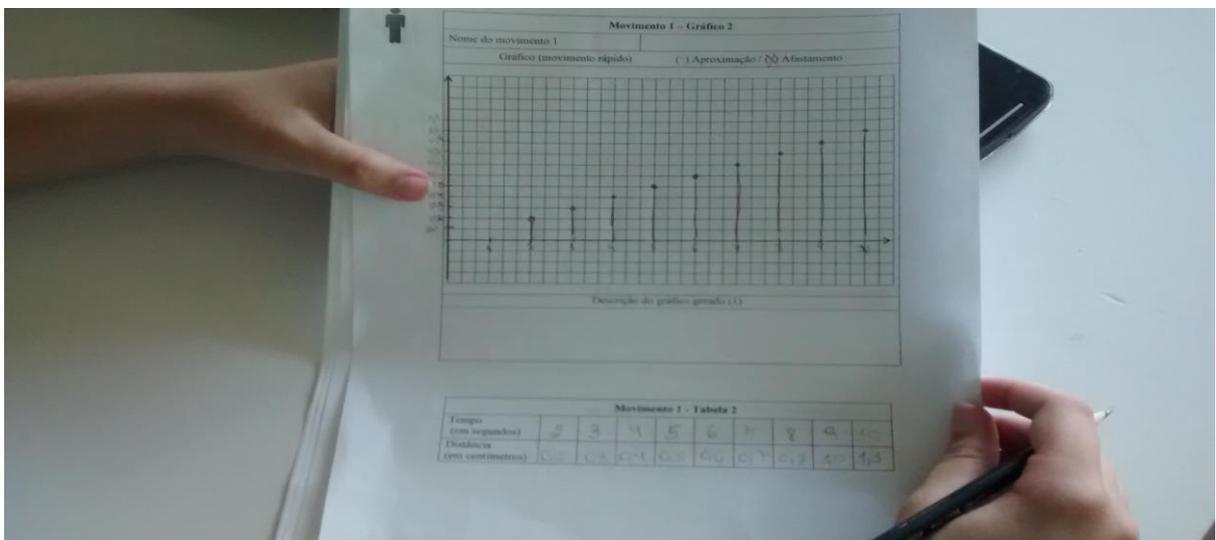
Durante a realização da Tarefa 2 da Atividade 1, os estudantes realizaram ações envolvendo movimentos sob o alcance do sensor (situação de ação). A Figura 20 e a Figura 21 ilustram situações de formulação desta tarefa.

Figura 20 - Desenvolvimento da Tarefa 2 da Atividade 1 por um dos grupos, no momento de construção do gráfico de posição x tempo, relativo a um movimento de afastamento do sensor sonar



Fonte: Foto do autor

Figura 21 - Destaque da tabela de dados que acompanha o gráfico posição x tempo desenvolvido por um estudante de um dos grupos para um movimento de afastamento do sensor sonar da Tarefa 2 da Atividade 1



Fonte: Foto do autor

7 ANÁLISE À POSTERIORI E VALIDAÇÃO: 4a FASE DA PESQUISA

7.1 Teste de conhecimento

7.1.1 Fidedignidade do teste

O teste de conhecimento aplicado após a fase de experimentação da engenharia resultou no índice KR-20 de 0,92 (Tabela 6), indicando confiabilidade do teste. Este valor comparado ao valor de KR-20 obtido na fase *à priori* de 0,56 (Tabela 1) indica fidedignidade do teste para a amostra após a aplicação da sequência de ensino.

Tabela 6 - Índice de fidedignidade do teste de conhecimento na fase de pesquisa *à posteriori*

Índice	Valor <i>à posteriori</i>
Kuder-Richardson (KR-20)	0,92

Fonte: Construção do autor

7.1.2 Análise de itens do teste

De acordo com o critério de aceitação para a dificuldade de um item ou questão (entre 0,21 e 0,80) e índice de discriminação ($< 0,30$), foram retirados 12 itens do teste de conhecimento (APÊNDICE C): item 4 (índice de dificuldade 0,79 e discriminação 0,24), item 9 (índice de dificuldade 0,16 e discriminação 0,29), item 12 (índice de dificuldade 0,21 e discriminação 0,24), item 16 (índice de dificuldade 1,00 e discriminação 0,00), item 18 (índice de dificuldade 0,68 e discriminação 0,00), item 19 (índice de dificuldade 0,63 e discriminação 0,29), item 24 (índice de dificuldade 0,89 e discriminação 0,29), item 27 (índice de dificuldade 0,89 e discriminação 0,19), item 29 (índice de dificuldade 0,42 e discriminação -0,05), item 30 (índice de dificuldade 0,53 e discriminação -0,10), item 31 (índice de dificuldade 0,26 e discriminação 0,24) e o item 32 (índice de dificuldade 0,16 e discriminação 0,00).

Com isso o teste de conhecimento, após a análise, resultou em 27 itens ou questões, cujos índices de discriminação e dificuldades para estas questões estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Índice de fidedignidade do teste de conhecimento, e índices de discriminação e dificuldade de cada item do teste de conhecimento realizado na fase de pesquisa *à posteriori*

Item	Dificuldade (ρ)	Discriminação (d)	Item	Dificuldade (ρ)	Discriminação (d)
1	0,42	1,00	21	0,42	0,36
2	0,58	0,50	22	0,74	0,43
3	0,37	0,57	23	0,63	0,43
5	0,63	0,71	25	0,53	0,93
6	0,68	0,71	26	0,58	0,71
7	0,58	0,57	28	0,42	0,57
8	0,63	0,43	33	0,42	0,79
10	0,58	0,43	34	0,63	0,71
11	0,58	0,50	35	0,58	0,50
13	0,68	0,43	36	0,32	0,57
14	0,58	0,57	37	0,79	0,36
15	0,68	0,43	38	0,42	0,64
17	0,47	0,36	39	0,42	1,00
20	0,79	0,50			

Fonte: Construção do autor

A distribuição de frequência do índice de dificuldade dos escores obtidos pelos estudantes no pós-teste, na fase *à posteriori*, após a exclusão das questões, de acordo com critério adotado, estão na Tabela 8, e a distribuição de frequência para os índices de discriminação (d), destes mesmos resultados, está apresentada na Tabela 9.

Tabela 8 - Distribuição de frequência da classificação dos itens de acordo com o índice de dificuldade (ρ) na coleta de dados *à posteriori* na forma de pré-teste de conhecimento

Índice de dificuldade (r)	Interpretação	Frequência	Frequência relativa
$\rho \leq 0,20$	Muito difíceis	0	0%
$0,20 < \rho \leq 0,40$	Difíceis	2	7%
$0,40 < \rho \leq 0,60$	Médios	15	56%
$0,60 < \rho \leq 0,80$	Fáceis	10	37%

$\rho > 0,80$	Muito fáceis	0	0%
Σ		27	100%

Fonte: Construção do autor

Tabela 9 - Distribuição de frequência da classificação dos itens de acordo com o índice de discriminação (d) na coleta de dados *à posteriori* na forma de pós-teste de conhecimento

Índice de discriminação (d)	Frequência	Frequência relativa
$d < 0,30$	0	0,0%
$d \geq 0,30$	27	100,0%
Σ	27	100%

Fonte: Construção do autor

Após a exclusão dos 12 itens do teste de conhecimento a distribuição de frequência da classificação dos itens do pós-teste de conhecimento, de acordo com o índice de dificuldade (ρ) demonstrado na Tabela 8, evidencia que a maior concentração de questões foi classificada como dificuldade média ($0,40 < \rho \leq 0,60$), totalizando 56% do apurado, seguidas de 37% de questões categorizadas como dificuldade fácil ($0,60 < \rho \leq 0,80$), ficando apenas 7% classificadas como dificuldade difícil ($0,20 < \rho \leq 0,40$). Nenhuma das questões ficou na faixa correspondente a dificuldade muito difícil ($\rho \leq 0,20$) ou muito fácil ($\rho > 0,80$). De acordo com Santo (1978) “Um item ideal tem um nível médio de dificuldade. Para muitos especialistas, o nível médio está entre 0,40 – 0,60”.

Na distribuição de frequência da classificação dos itens de acordo com o índice de discriminação (d), 100% das questões ficaram dentro do critério adotado ($d \geq 0,30$).

Ambos critérios adotados para seleção das questões do teste de conhecimento resultaram no coeficiente de fidedignidade KR-20 de 0,92 (Tabela 6), numa escala que vai de 0,00 a 1,00, indicando que os itens selecionados se referem a um mesmo conjunto de conceitos e/ou habilidades e, portanto, aceitáveis para análises ou inferências.

7.1.3 Estatística descritiva

As medidas de tendência central, média e mediana, do teste de conhecimento, aplicado

antes e após a experimentação ao grupo de participantes, são apresentadas na Tabela 10. Esta tabela também apresenta as medidas de dispersão desvio padrão e faixa interquartil.

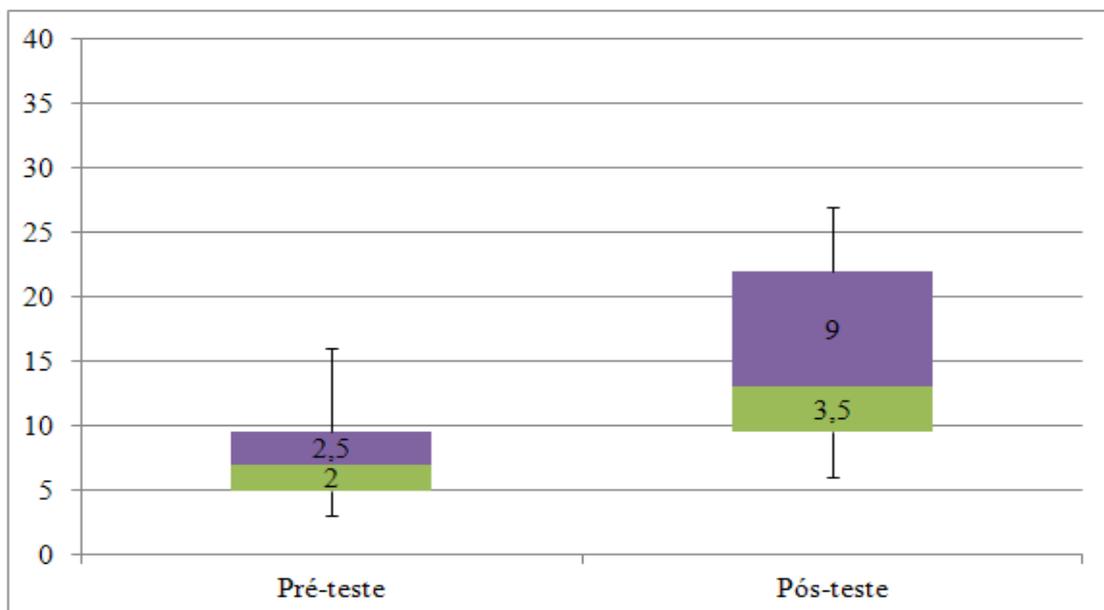
Tabela 10 - Dados estatísticos do teste de conhecimento

	Participantes	Média	Desvio Padrão	Mediana	Faixa Interquartil
Pré-teste	19	7,9	3,86	7,0	4,5
Pós-teste	19	15,2	7,49	13,0	12,5

Fonte: Construção do autor

A Figura 22 mostra outra forma de apresentar os dados de mediana e faixa interaartil. A média dos escores obtida pelos participantes no pós-teste aumenta em relação ao pré-teste, assim como o desvio padrão. A faixa interquartil dos escores no pós-teste também mostra um aumento relativamente aos escores do pré-teste. Este resultado é esperado, uma vez que no currículo da Escola, a cinemática é apresentada aos estudantes pela primeira vez no 9º ano do ensino fundamental e, portanto, inédito para a maioria dos estudantes. Assim, a estreita faixa compreendida entre o segundo e terceiro quartis da Figura 22, comparada aos correspondentes quartis no pós-teste, indica pequena dispersão dos escores, significando que a grande maioria dos estudantes desconheciam o assunto.

Figura 22 - Diagrama de caixa para os escores do teste de conhecimento

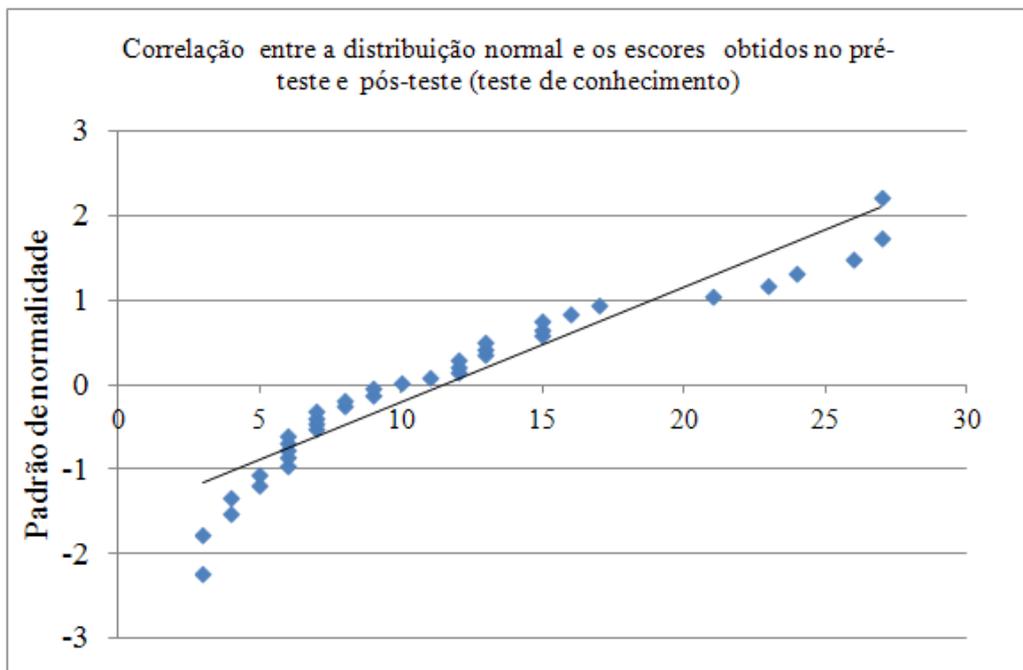


Fonte: Construção do autor

Como neste estudo foram utilizadas medidas de tendência central e de dispersão de uma distribuição normal, utilizamos o teste de Shapiro-Wilk⁶ para uma estimativa da normalidade da distribuição de escores do teste de conhecimento para a amostra de participantes. O teste utilizado indicou um padrão de normalidade aceitável, com índice de correlação para o pré-teste de 0,9263 para o pós-teste de 0,9013, e, portanto, uma tendência à normalidade para essa distribuição.

A Figura 23 apresenta o gráfico Q-Q Plot (quartil amostral *versus* quartil esperado sob normalidade) indicando que os escores obtidos, no pré-teste e no pós-teste, configuram uma distribuição que se aproxima dos valores esperados por uma distribuição normal, representada no gráfico por uma reta.

Figura 23 – Gráfico QQ Plot - tendência à normalidade da distribuição dos escores do teste de conhecimento



Fonte: Construção do autor

7.1.4 Teste de hipóteses para a variável desempenho

Para verificar se houve melhora no desempenho dos participantes pela experiência da

⁶ O teste Shapiro-Wilk, calcula a variável estatística (W) que investiga se uma amostra aleatória provém de uma distribuição normal.

sequência de ensino, foi realizado um teste de hipótese para a variável desempenho com o teste Wilcoxon pareado unilateral. A Tabela 11 apresenta os resultados deste teste que teve como base os escores obtidos no teste de conhecimento pelos participantes (N = 19) aplicado antes (pré-teste) e após (pós-teste) a sequência de ensino. Apresentamos na Tabela 12 os escores do pré-teste e pós-teste obtidos para cada um dos participantes, e na Figura 24 o histograma comparativo dos escores alcançados pelos participantes no teste de conhecimento antes e após a fase de experimentação da engenharia. As diferenças pareadas dos escores do pré-teste e pós-teste estão apresentadas na Tabela 12, e o histograma correspondente na Figura 25.

A hipótese nula (H_0) e a hipótese alternativa (H_1) elaboradas para a análise do teste de conhecimento estão apresentadas no Quadro 3. Obtivemos que H_0 relacionada ao desempenho foi rejeitada com nível de significância de 0,05 (ou nível de confiança de 95%) contra H_1 relacionada ao desempenho.

Com isso, após a aplicação da sequência de ensino, verificou-se um aumento significativo no desempenho dos participantes. Este resultado também pode ser observado na Figura 24.

Tabela 11 - Probabilidades obtidas com Wilcoxon pareado unilateral para teste de conhecimento (pré-teste e pós-teste)

Número de Participantes	Nível de Significância	valor-p
19	0,05	0,0001

Fonte: Construção do autor

Assim, com esse resultado, observa-se um aumento estatístico significativo no desempenho dos participantes, comparativamente a situação anterior à aplicação da sequência de ensino. Para obter este resultado foram utilizados os escores obtidos pelos participantes no teste de conhecimento, antes e após a experimentação da engenharia (Tabela 12).

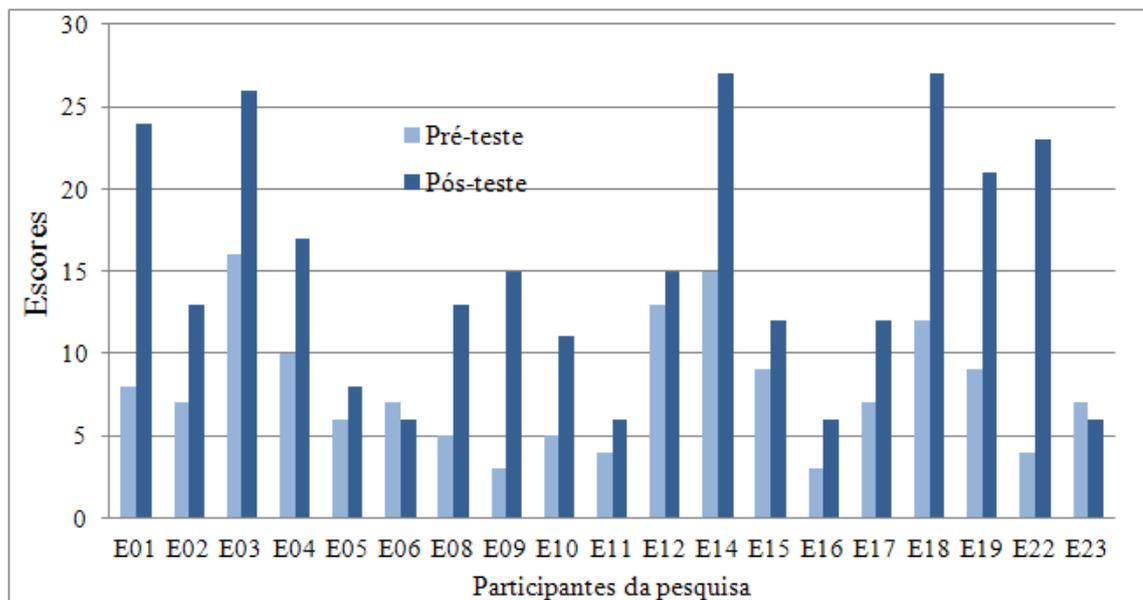
Tabela 12 - Escores obtidos pelos participantes no teste de conhecimento (pré-teste e pós-teste)

Participantes	Escore		Diferenças entre escores
	Pré-teste	Pós-Teste	(Pré-teste) - (Pós-teste)
E01	8	24	16
E02	7	13	6

E03	16	26	10
E04	10	17	7
E05	6	8	2
E06	7	6	-1
E08	5	13	8
E09	3	15	12
E10	5	11	6
E11	4	6	2
E12	13	15	2
E14	15	27	12
E15	9	12	3
E16	3	6	3
E17	7	12	5
E18	12	27	15
E19	9	21	12
E22	4	23	19
E23	7	6	-1

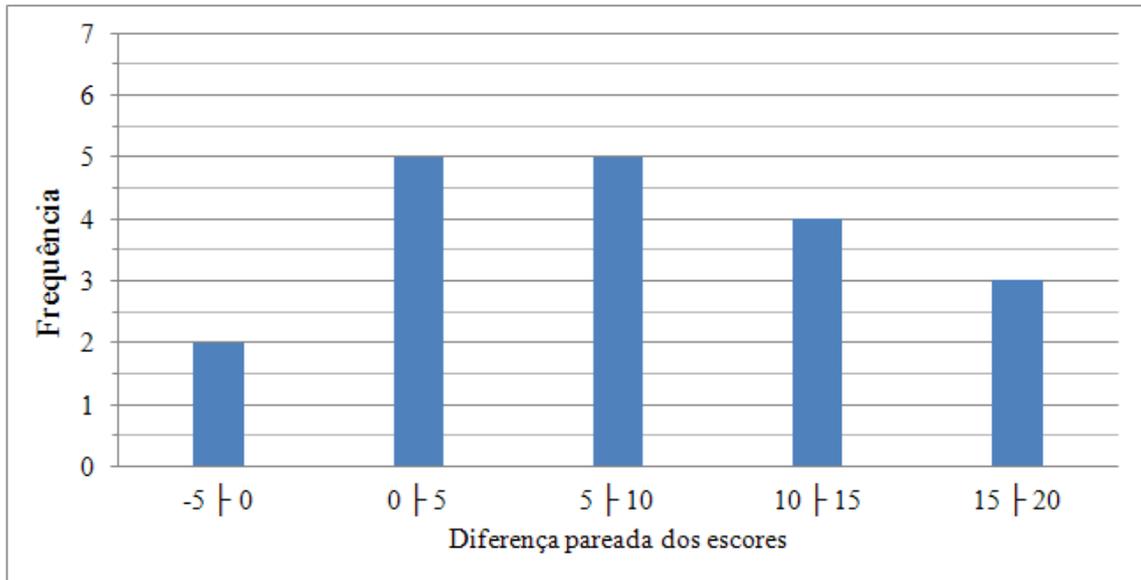
Fonte: Construção do autor

Figura 24 - Histograma comparativo dos escores obtidos pelos participantes no teste de conhecimento antes e após a fase de experimentação da Engenharia Didática (pós-teste e pré-teste)



Fonte: Construção do autor

Figura 25 - Histograma dos valores das diferenças pareadas das notas do teste de conhecimento: (pós-teste) – (pré-teste)



Fonte: Construção do autor

Com esta análise estatística quantitativa, podemos inferir que as hipóteses A e B (Capítulo 5) propostas neste estudo são verdadeiras.

7.2 Teste de motivação para aprender

O teste de motivação para aprender utilizado (NEVES; BORUCHOVITCH, 2007) tem 31 questões, 17 delas referem-se a motivação intrínseca e 14 delas referem-se a motivação extrínseca. O valor máximo de pontos do teste é 93 pontos, e o valor mínimo é de 31 pontos, desconsideradas as questões já retiradas do teste pelos autores. Considerando-se somente a motivação intrínseca, o valor máximo de pontos no teste é 51 e valor mínimo é de 17 pontos. Quanto a escala de motivação extrínseca, o valor máximo é de 52 pontos e o valor mínimo de 14.

7.2.1 Estatística descritiva

As medidas de tendência central, média e mediana, do teste de motivação para aprender, aplicado antes e após a experimentação ao grupo de participantes, são apresentadas

na Tabela 13. Esta tabela também apresenta as medidas de dispersão desvio padrão e faixa interquartil.

A média dos escores obtida pelos participantes no pós-teste para motivação para aprender aumentou em relação ao pré-teste, assim como o valor médio dos escores para motivação intrínseca e extrínseca, e os desvios-padrão correspondentes diminuíram no pós-teste comparativamente ao pré-teste.

Tabela 13 – Dados estatísticos do teste de motivação para aprender

Participantes			Média	Desvio Padrão	Mediana	Faixa Interquartil
Pré-teste	19	Extrínseca	33,7	4,1	33,0	5,5
		Intrínseca	39,8	7,7	41,0	9,0
		Total	73,5	11,0	75,0	14,5
Pós-teste	19	Extrínseca	34,4	4,02	34,0	5,0
		Intrínseca	41,1	7,29	41,0	11,0
		Total	75,5	10,0	76,0	16,0

Fonte: Construção do autor

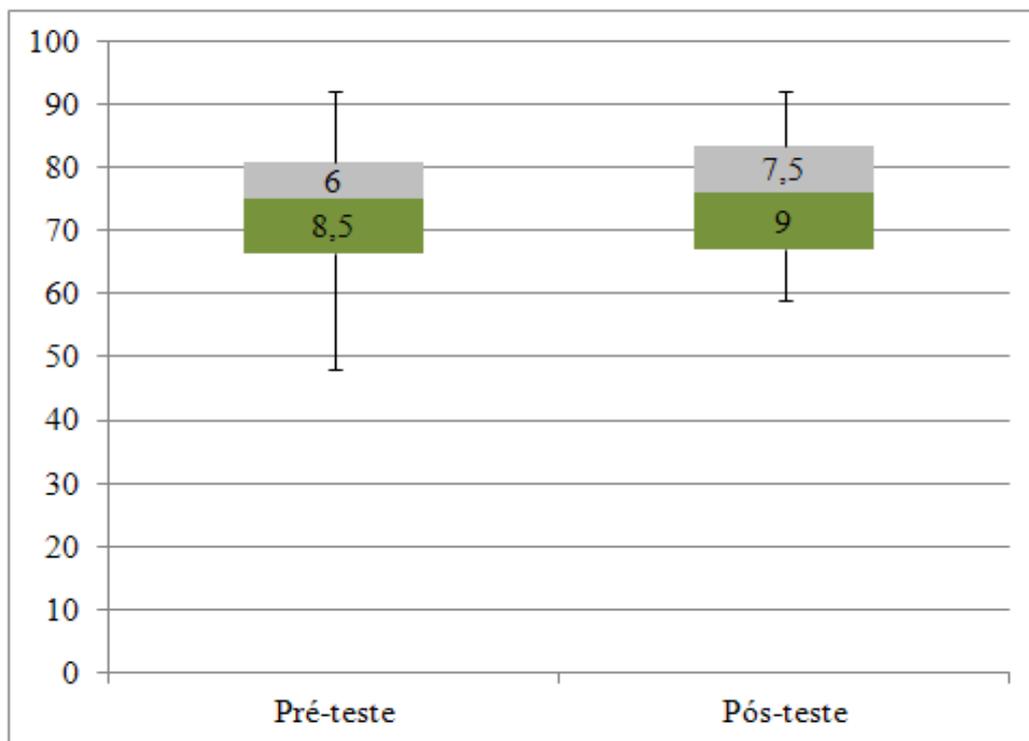
A faixa de trabalho na escala de motivação para aprender tem o valor mínimo de 31 pontos e o valor máximo de motivação é de 93 pontos. Os valores obtidos para a variável motivação, neste estudo, antes e após a realização da engenharia, são 73,5 e 75,5, respectivamente. Esses valores podem ser considerados moderados. Bzsuneck (2001, p. 18) considera que “[...] em termos quantitativos, a motivação ideal no contexto das tarefas escolares não pode ser fraca, mas também não deve ser absolutamente a mais alta. Ambos os extremos são prejudiciais.”.

A mediana e a faixa interquartil para os dados de motivação para aprender estão apresentados na Tabela 13 e na Figura 26. A tendência à normalidade da distribuição dos escores de teste de motivação para aprender, considerando a motivação intrínseca e extrínseca, está apresentada na Figura 28.

O diagrama de caixa é uma representação visual que indica a dispersão dos dados e a presença de *outliers*. O diagrama indica a presença de pontos discrepantes significativos (*outliers*) de um teste. No pré-teste e no pós-teste a distribuição dos escores apresentada na

Figura 26 é aproximadamente simétrica em relação à mediana, com redução na amplitude dos valores dos *outliers* no pós-teste comparativamente ao pré-teste.

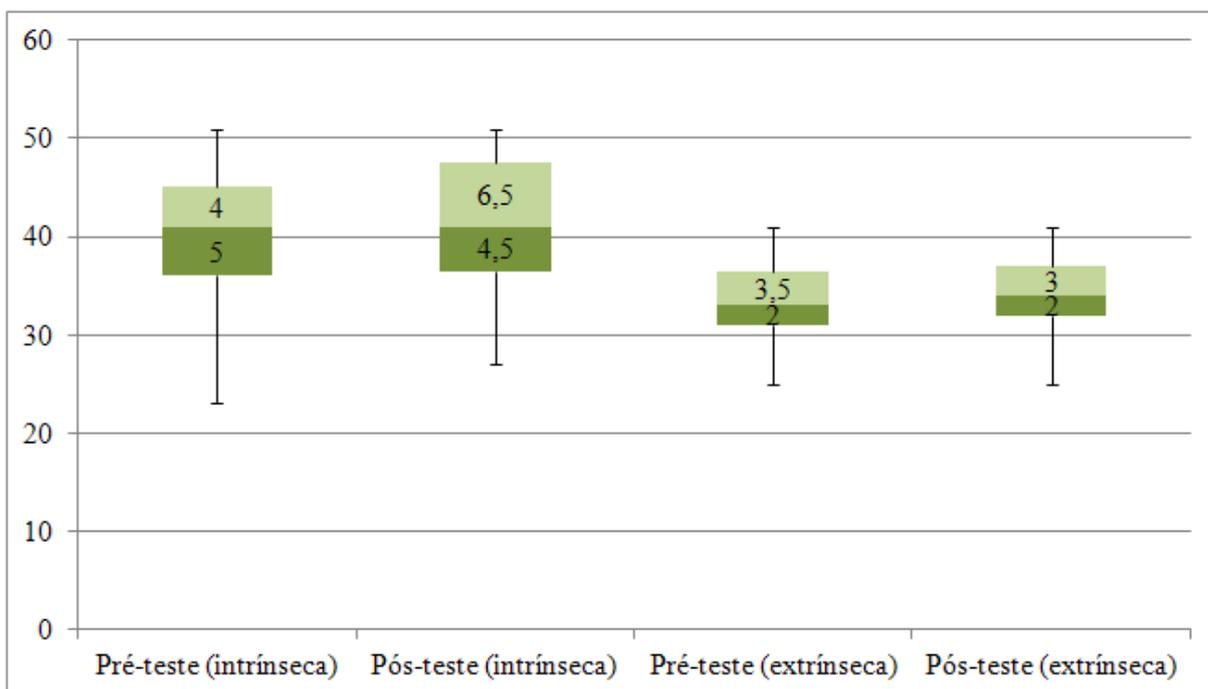
Figura 26 - Diagrama de caixa para os escores do teste de motivação para aprender



Fonte: Construção do autor

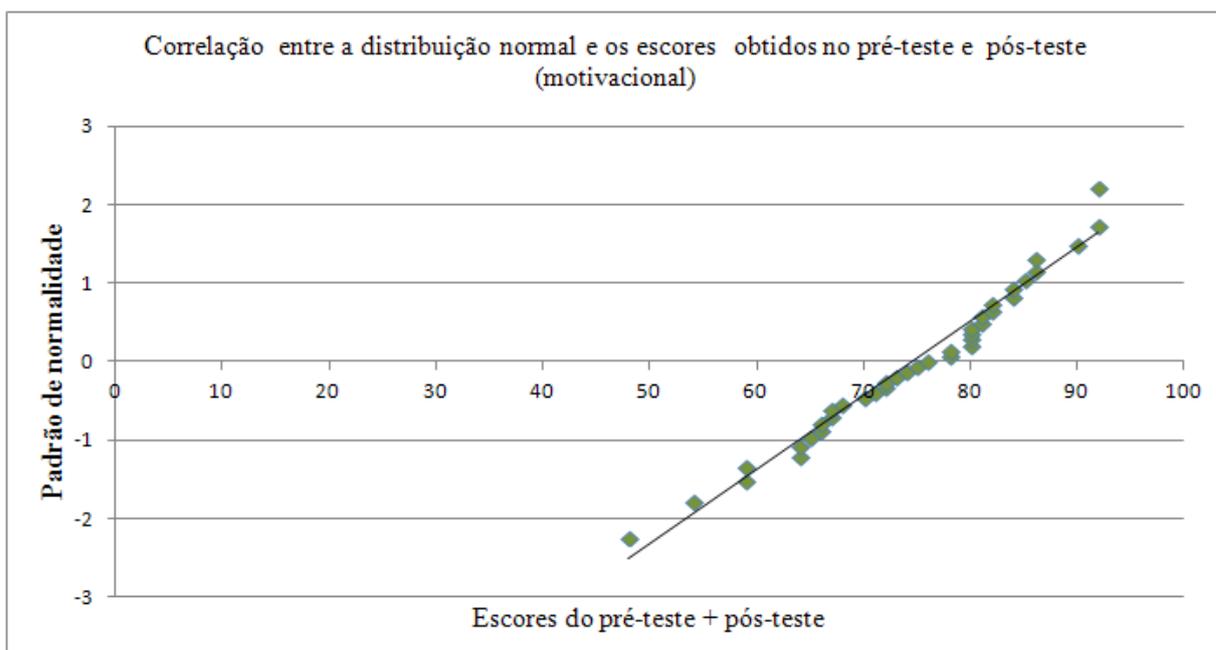
Com relação à motivação intrínseca, o diagrama de caixa apresentado na Figura 27, apresenta semelhante aspecto simétricos em torno da mediana no pré-teste, enquanto no pós-teste foi encontrado escores distribuídos em uma faixa de pontuação maior, acima da mediana, indicando maior dispersão e assimetria entre os dois quartis. Já a motivação intrínseca, no pré-teste e no pós-teste, apresenta um grau de dispersão significativamente menor. Tanto para a motivação intrínseca como para motivação extrínseca, observa-se um aumento discreto na mediana no pós-teste comparativamente ao pré-teste.

Figura 27 - Diagrama de caixa para os escores do teste de motivação para aprender



Fonte: Construção do autor

Figura 28 - Tendência à normalidade da distribuição dos escores do teste de motivação para aprender



Fonte: Construção do autor

7.2.2 Teste de hipóteses para a variável motivação para aprender

Para verificar se houve melhora no desempenho dos participantes pela experiência da sequência de ensino, foi realizado um teste de hipótese para a variável motivação para aprender com o teste Wilcoxon pareado unilateral. A Tabela 14 apresenta os resultados deste teste que teve como base os escores obtidos no teste de motivação para aprender pelos participantes ($N = 19$) aplicado antes (pré-teste) e após (pós-teste) a sequência de ensino, apresentados na Tabela 15 e representados na Figura 29 para cada participante. A Figura 30 apresenta o histograma comparativo dos escores alcançados pelos participantes no teste de conhecimento antes e após a fase de experimentação da engenharia. As diferenças pareadas dos escores do pré-teste e pós-teste estão apresentadas no histograma da Figura 31.

A hipótese nula (H_0) e a hipótese alternativa (H_1) elaboradas para a análise do teste de motivação para aprender estão apresentadas no Quadro 4. Obtivemos que H_0 relacionada a motivação para aprender foi aceita com nível de significância de 0,05 (ou nível de confiança de 95%) contra H_1 (Tabela 14).

Tabela 14 - Probabilidades obtidas com Wilcoxon pareado unilateral para teste de motivação para aprender (pré-teste e pós-teste)

Número de participantes	Nível de significância	Motivação intrínseca	Motivação extrínseca	Motivação
		valor-p	valor-p	valor-p
19	0,05	0,2847	0,2165	0,3452

Fonte: Construção do autor

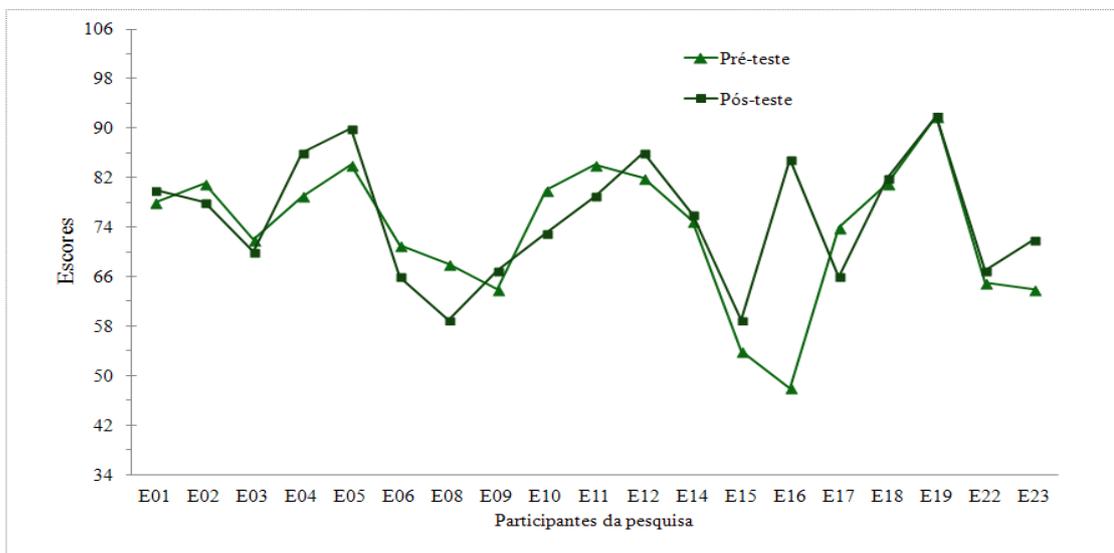
Tabela 15 - Escores obtidos pelos participantes no teste de motivação para aprender (pré-teste e pós-teste)

Estudante	Motivação para aprender					
	Motivação intrínseca		Motivação extrínseca		Motivação	
	pré-teste	pós-teste	pré-teste	pós-teste	pré-teste	pós-teste
E01	41	43	37	35	78	78
E02	42	49	39	35	81	84

E03	40	39	32	34	72	73
E04	45	47	34	39	79	86
E05	45	49	39	41	84	90
E06	35	48	29	37	64	85
E08	37	37	31	28	68	65
E09	40	34	31	33	71	67
E10	45	40	35	35	80	75
E11	47	48	35	32	82	80
E12	50	50	33	36	83	86
E14	39	39	36	37	75	76
E15	24	27	30	32	54	59
E16	23	30	25	27	48	57
E17	43	45	31	26	74	71
E18	42	44	39	38	81	82
E19	51	51	41	41	92	92
E20	39	39	36	36	75	75
E22	32	32	33	35	65	67
E23	34	39	30	33	64	72

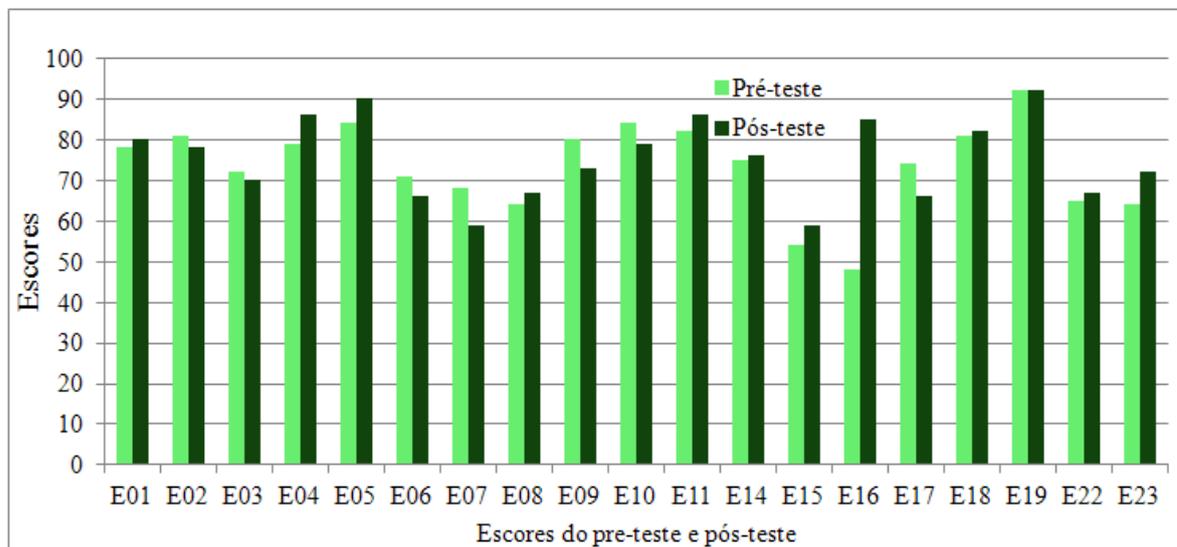
Fonte: Construção do autor

Figura 29 - Escores obtidos pelos participantes no teste de motivação para aprender (pré-teste e pós-teste)



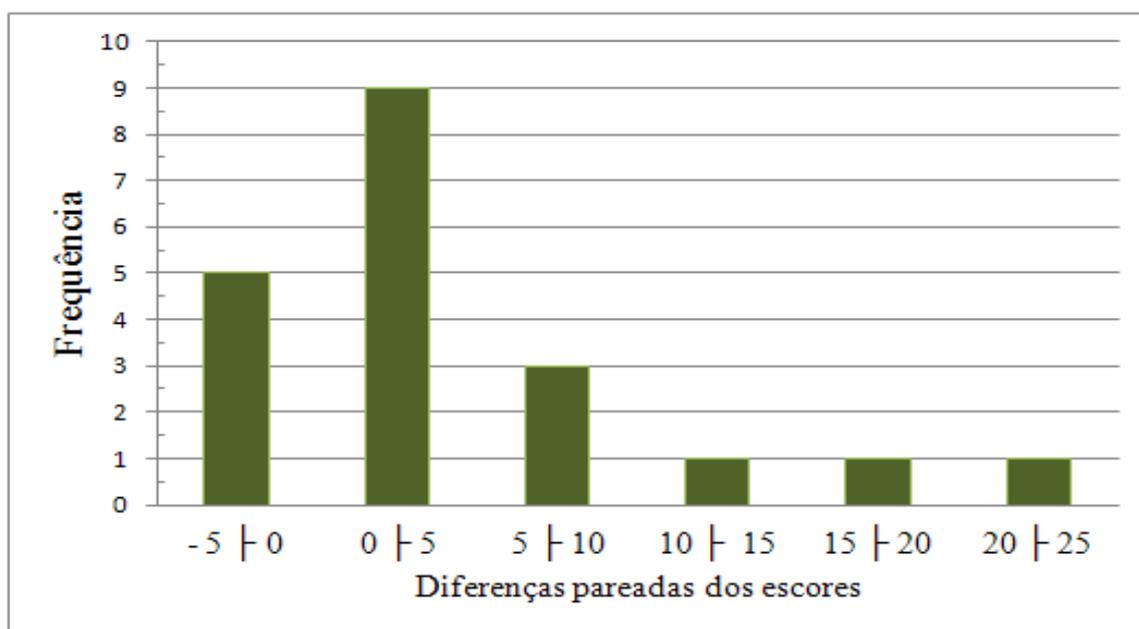
Fonte: Construção do autor

Figura 30 - Histograma comparativo dos escores obtidos pelos participantes no teste de motivação para aprender antes e após a fase de experimentação da Engenharia Didática (pós-teste e pré-teste)



Fonte: Construção do autor

Figura 31 - Histograma dos valores das diferenças pareadas dos escores dos participantes no teste de motivação para aprender antes e após a fase de experimentação da Engenharia Didática (pós-teste e pré-teste)



Fonte: Construção do autor

Com esta análise estatística quantitativa podemos inferir que a hipótese C (Capítulo 5)

proposta neste estudo não é verdadeira indicando que não houve aumento estatisticamente significativo na motivação para aprender.

7.3 Guias de Atividade

Serão feitas análises de algumas das atividades desenvolvidas em sala de aula com base nas expectativas de aprendizagem ou objetivos educacionais, propostos *à priori* à fase da experimentação da engenharia.

7.3.1 Atividades de MRU

7.3.1.1 Quanto a dimensão factual do conhecimento e a dimensão compreender do processo cognitivo

Nessas dimensões do conhecimento, estão envolvidos os objetivos A1.1 e A1.2 (Quadro 6) classificados segundo a Taxonomia de Bloom revisada de objetivos educacionais (Quadro 7).

- Entender representações gráficas de movimentos retilíneos, interpretando os movimentos realizados na sala de aula como fatos, ou eventos, que podem ser representados como esquemas gráficos gerados (Objetivo A1.1; Dimensão *factual* do conhecimento; Dimensão *compreender* do processo cognitivo);
- Entender a relação entre distância percorrida em um certo intervalo de tempo como rapidez ou velocidade escalar média, interpretando e classificando os movimentos em rápidos e lentos (Objetivo A1.2; Dimensão *factual* e *procedural* do conhecimento; Dimensão *compreender* do processo cognitivo);
- Criar movimentos ainda não realizados na atividade, planejando-os e executando-os a partir da interpretação gráfica, selecionando e julgando quais deles são realizados à velocidade constante a partir de critérios estabelecidos (Objetivo A1.3; Dimensões *conceitual* e *procedural* do conhecimento; Dimensões *aplicar*, *analisar*, *avaliar* e *criar* do processo cognitivo);

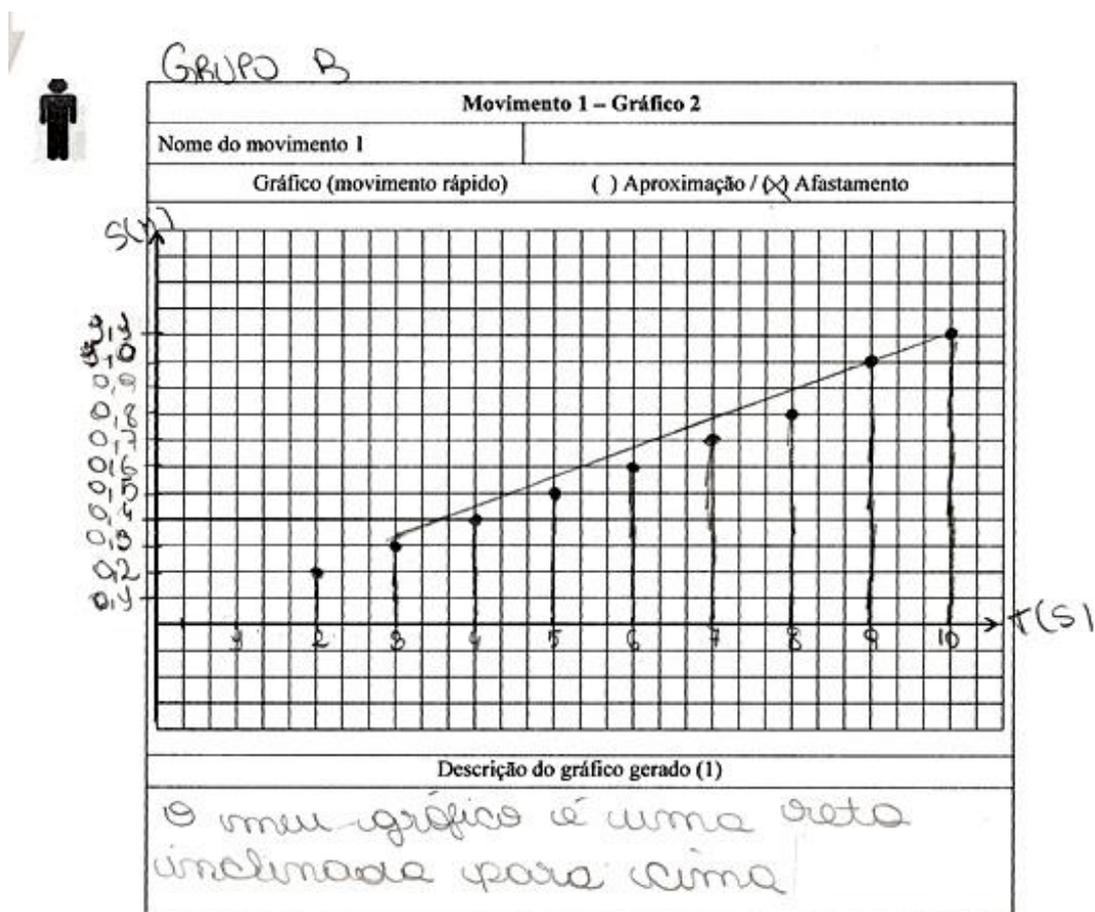
- Aplicar os conhecimentos adquiridos, resolvendo situações-problema de lápis-papel (Objetivo A1.4, Dimensões *conceitual* e *procedural* do conhecimento; Dimensão *aplicar* do processo cognitivo).

Com relação ao objetivo de aprendizagem A1.1 (Objetivo A1.1), são apresentadas as respostas de dois estudantes participantes à Tarefa 2 da Atividade 1. Nesta tarefa, os estudantes, organizados em grupos, realizam dois tipos de movimentos: um de afastamento e outro de aproximação do sonar. A posição ocupada pelo sonar foi tomada como origem dos movimentos. Os movimentos realizados pelos estudantes tiveram como características movimentos lentos, ou muito lentos, em linha reta aproximando-se ao movimento de MRU, e os dados de posição x tempo, destes movimentos são coletados pelo sistema de aquisição automática de dados e projetados no quadro branco simultaneamente à realização dos movimentos. Assim, se pretendeu que os eventos/experimentos realizados pudessem ser interpretados a partir de representações gráficas destas grandezas, para atender o objetivo educacional A1.1.

Para movimentos de afastamento em relação ao sensor, o comportamento esperado para os dados experimentais de posição e tempo apresentados pela planilha eletrônica é linear. Apresentando-se no quadro branco os pontos experimentais coletados, estes são mostrados no gráfico posição x tempo com inclinação positiva em relação ao eixo dos tempos; e, para movimentos de aproximação, o comportamento esperado entre estas grandezas também é linear, com inclinação negativa. Estes comportamentos foram observados quando analisadas as respostas dos participantes para as tarefas 2 e 3 do Guia de Atividade 1, como ilustram a Figura 32 (a) e (b) e a Figura 33 (a) e (b). As Figura 32 (c) e Figura 33 (c) apresentam a interpretação dos movimentos realizados de afastamento e de aproximação e o tipo de representação gráfica obtida.

Figura 32 - Gráfico posição x tempo apresentado pelo participante E14 para os movimentos de afastamento e aproximação do sensor sonar da Atividade 1 na Tarefa 2, e sua interpretação para os movimentos realizados e tipo de gráfico apresentada na Tarefa 3

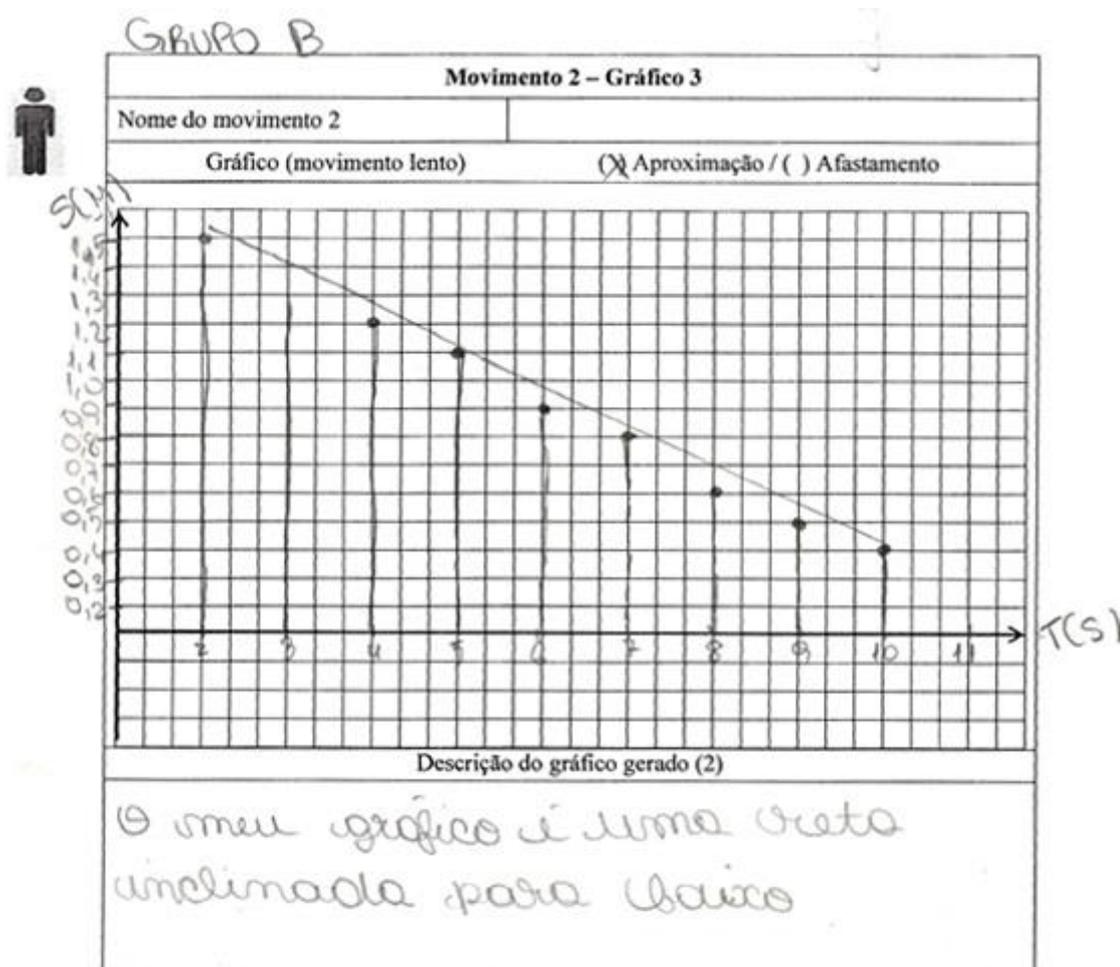
- (a) Gráfico posição x tempo apresentado pelo participante E14, para a situação de movimento de afastamento do sensor sonar para a Tarefa 2 da Atividade 1



Movimento 1 - Tabela 2									
Tempo (em segundos)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distância (em centímetros)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1

Fonte: Guia de Atividade 1 do participante

- (b) Gráfico posição x tempo apresentado pelo participante E14, para a situação de movimento de aproximação do sensor sonar para a Tarefa 2 da Atividade 1



Tempo (em segundos)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distância (em centímetros)	4,5	4,4	4,2	4,1	3,9	3,8	3,6	3,5	3,4

Fonte: Guia de Atividade 1 do participante

- (c) Interpretação do participante E14 para os movimentos realizados de afastamento e de aproximação e tipo de representação gráfica apresentada na Tarefa 3 da Atividade 1

TAREFA 3

Responda as questões abaixo utilizando os resultados obtidos a partir dos movimentos executados na Tarefa 2.



1. Considerando os aspectos de rapidez e sentido do deslocamento em relação ao sensor sonar (afastamento ou aproximação), nos movimentos executados, o que você pôde observar com relação ao formato do gráfico gerado? Discuta com o restante do grupo esta situação e escreva no espaço abaixo o que foi observado.
Após, cada grupo deverá socializar sua escrita utilizando o espaço indicado pelo professor.

Afastamento	O gráfico é uma reta inclinada para cima
Aproximação	O gráfico é uma reta inclinada para baixo



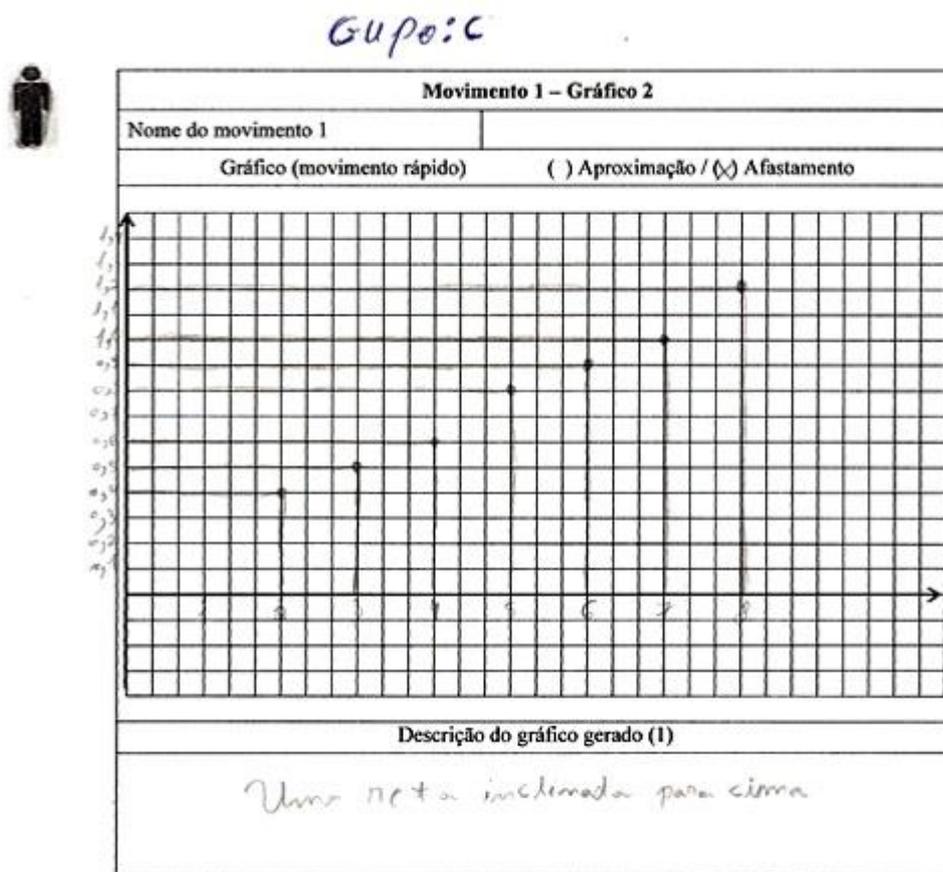
Construção e formalização do conceito de velocidade média escalar

2. Para cálculo da velocidade escalar média, utilize os intervalos de tempo e as distâncias indicadas pelo professor, obtidas do movimento realizado por um aluno ao alcance do sensor sonar.

Fonte: Guia de Atividade 1 do participante

Figura 33 - Gráfico posição x tempo apresentado pelo participante E09, para movimentos de afastamento e de aproximação do sensor sonar na Atividade 1 da Tarefa 2 e sua interpretação para os movimentos e tipo de representação gráfica apresentada na Tarefa 3

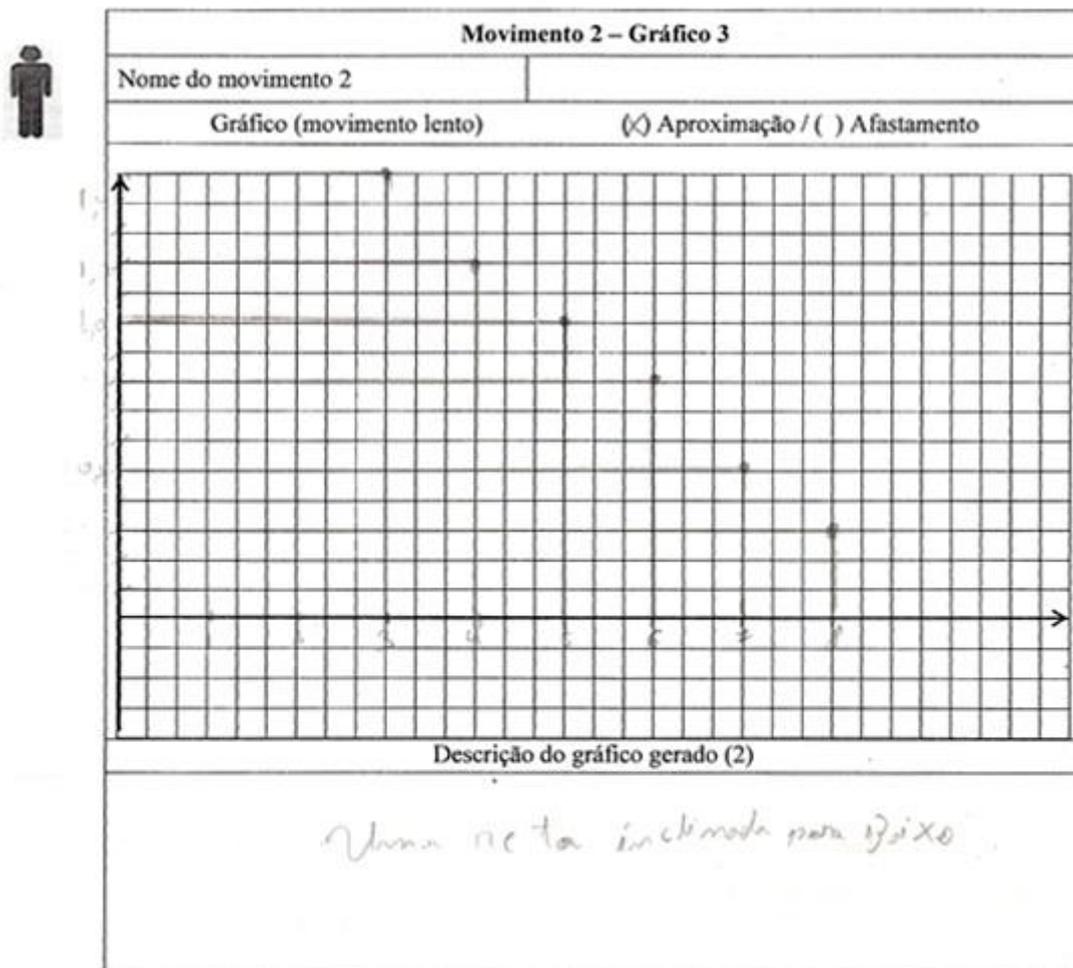
- (a) Gráfico posição x tempo apresentado pelo participante E09, para a situação de movimento de afastamento do sensor sonar para a Tarefa 2 da Atividade 1



Movimento 1 - Tabela 2									
Tempo (em segundos)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distância (em centímetros)	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5

Fonte: Guia de Atividade 1 do participante

- (b) Gráfico posição x tempo apresentado pelo participante E09, para a situação de movimento de aproximação do sensor sonar para a Tarefa 2 da Atividade 1



Tempo (em segundos)	2	3	4	5	6	7	8		
Distância (em centímetros)	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8	0,5	0,3		

Fonte: Guia de Atividade 1 do participante

(c) Interpretação do participante E09 para os movimentos realizados de afastamento e de aproximação e tipo de representação gráfica apresentada na Tarefa 3 da Atividade 1.

TAREFA 3

Responda as questões abaixo utilizando os resultados obtidos a partir dos movimentos executados na Tarefa 2.



I. Considerando os aspectos de rapidez e sentido do deslocamento em relação ao sensor sonar (afastamento ou aproximação), nos movimentos executados, o que você pôde observar com relação ao formato do gráfico gerado? Discuta com o restante do grupo esta situação e escreva no espaço abaixo o que foi observado.

Após, cada grupo deverá socializar sua escrita utilizando o espaço indicado pelo professor.

Afastamento	Quando eu me afastei o gráfico criou uma reta inclinada na diagonal para cima
Aproximação	Quando eu me aproximei o gráfico criou uma reta para baixo

Fonte: Guia de Atividade 1 do participante

Quanto aos objetivos de aprendizagem A1.2 e A1.3. (Objetivo A1.2 e Objetivo A1.3), que referem basicamente a criação de movimentos rápidos e lentos, formalização e aplicação do conceito de velocidade escalar média, serão ilustradas algumas questões da Tarefa 3 da Atividade 1. Os movimentos rápidos e lentos foram substituídos, por decisão em conjunto tomada em sala de aula, por movimentos lentos e muito lentos, uma vez que o sistema de aquisição automática captura maior quantidade de dados para maior tempo de exposição. Esses movimentos foram trabalhados na Tarefa 2 da Atividade 1. A construção e formalização do conceito de velocidade escalar média é explorada na Tarefa 3, incluindo o conceito de repouso e sua representação gráfica no gráfico posição x tempo. As repostas de dois participantes (E14 e E09) às questões 2, 3 e 4 da Tarefa 3 da mesma atividade, estão representados na Figura 34 e Figura 35. A situação adidática que diz respeito a essas questões trata de uma situação concreta de movimento realizada por um participante ao alcance do sensor sonar, sem a intervenção do professor, envolvendo procedimentos de cálculo para dois trechos da trajetória do movimento realizado. Seria esperado que os participantes, nessas questões observassem os resultados

obtidos nos cálculos da velocidade escalar média para os dois trechos e comparassem com o significado de velocidade escalar discutido em sala de aula, justificando sua conclusão na questão 4 desta tarefa. As repostas dadas pelos dois participantes fornecem indícios que eles tiveram compreensão do conceito de velocidade escalar média, uma vez que ambos participantes após calcular, observar e analisar seus resultados, concluem que o valor da velocidade calculada é o mesmo em ambos os trechos do mesmo movimento.

Figura 34 - Respostas do participante E14 para a Tarefa 3 da Atividade

 { **Construção e formalização do conceito de velocidade média escalar**

2. Para cálculo da velocidade escalar média, utilize os intervalos de tempo e as distâncias indicadas pelo professor, obtidas do movimento realizado por um aluno ao alcance do sensor sonar.

Dados do movimento realizado por um aluno						
	Inicial	Final	Δ	Inicial	Final	Δ
Distância (em metros)	0,2	0,4	0,2	0,2	0,4	0,2
Tempo (em segundos)	2	4	2	2	4	2
Velocidade escalar média (em m/s)	$\frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{0,2}{2} = 0,1$			$\frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{0,2}{2} = 0,1$		

3. A definição apresentada pelo professor de velocidade escalar média está de acordo os dados obtidos no item 2?

Sim.

Não.

4. Justifique a resposta da questão anterior.

Porque eu calculei a velocidade média em dois intervalos e o resultado foi igual.

Figura 35 - Respostas do participante E09 para a Tarefa 3 da Atividade

 **Construção e formalização do conceito de velocidade média escalar**

2. Para cálculo da velocidade escalar média, utilize os intervalos de tempo e as distâncias indicadas pelo professor, obtidas do movimento realizado por um aluno ao alcance do sensor sonar.

Dados do movimento realizado por um aluno							
	Inicial	Final	Δ		Inicial	Final	Δ
Distância (em metros)	0,2	0,4	0,2		1,0	1,2	0,2
Tempo (em segundos)	2	4	2		1,0	1,2	0,2
Velocidade escalar média (em m/s)	$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0,2}{2} = 0,1$				$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0,2}{2} = 0,1$		

3. A definição apresentada pelo professor de velocidade escalar média está de acordo os dados obtidos no item 2?

a. Sim.
 b. Não.

4. Justifique a resposta da questão anterior.

Por que calculei dois intervalos e deu o mesmo resultado

Fonte: Guia de Atividade 1 do participante

Quanto aos objetivos de aprendizagem A1.4 e A1.5 (Objetivo A1.4 e Objetivo A1.5), a Figura 36 e a Figura 37 ilustram o desenvolvimento de exercícios de lápis e papel proposto Tarefa 4 da Atividade 1 por dois participantes. As imagens dessas figuras foram construídas com o auxílio do *software* scratch (SCRATCH, 2015).

Figura 36 - Respostas do participante E14 para a Tarefa 4 da Atividade 1 para (a) questão 5 e (b) para questões 6, 7, 8, 9, 10 e 11

(a)

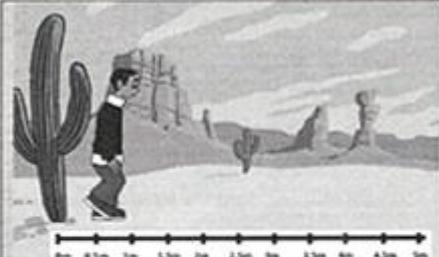
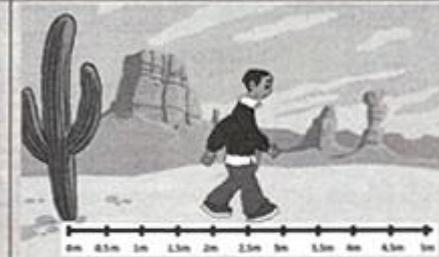
Texto Introdutório para as Questões 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11:

Observe a sequencia de imagens a seguir:

		
Imagem 01	Imagem 02	Imagem 03
Tempo: zero segundo	Tempo: 2 segundos	Tempo: 4 segundos

Fonte: Construção do autor

Adotando o cacto como **referencial** é fácil notar que as imagens representam o movimento de um menino caminhando no deserto. Porém para entendermos melhor este movimento precisamos de mais algumas informações como, por exemplo, o tempo do deslocamento e a posição ocupada durante a caminhada. Com relação ao tempo foi inserida uma contagem, em segundos, da duração do deslocamento. Mas como devemos proceder se quisermos saber qual é a posição do menino, em relação ao referencial (cacto), durante a sua caminhada? Para isso temos que medir o **espaço** percorrido em relação ao referencial adotado. Veja como ficariam as duas primeiras imagens, com uma escala em metros, contendo as medidas do espaço percorrido pelo menino durante o deslocamento.

	
Imagem 01	Imagem 02
Tempo: 0 segundo	Tempo: 2 segundos

Fonte: Construção do autor

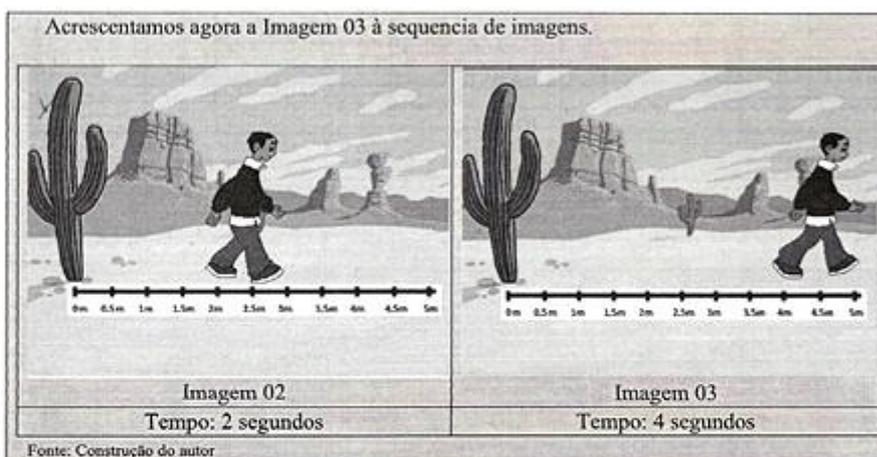
5. Observando a Imagem 01, podemos dizer que no momento em que o menino iniciou a caminhada ele estava a 0,5m metros do cacto que adotamos como referencial.

Fonte: Guia de Atividade 1 do participante

(b)

6. Olhando a Imagem 02, e utilizando a escala em metros, a posição do menino naquele instante foi de 2,5 metros.

7. Entre a Imagem 01 e a Imagem 02 decorreu um intervalo de tempo de 2 segundos.



8. Na Imagem 03 a posição do menino em relação ao cacto foi de 4,5 metros.

9. Comparando a Imagem 01 com a Imagem 03 podemos dizer que o espaço percorrido entre a posição inicial (Imagem 01) e a posição final (Imagem 03) foi de 4 metros.

10. Desde o início do movimento (Imagem 01), quanto tempo, em segundos, decorreu até o menino chegar à posição da Imagem 03? 4 segundos.

11. Qual é o intervalo de tempo, em segundos, decorrido na mudança de posição entre as Imagens 02 e 03? 2 segundos.

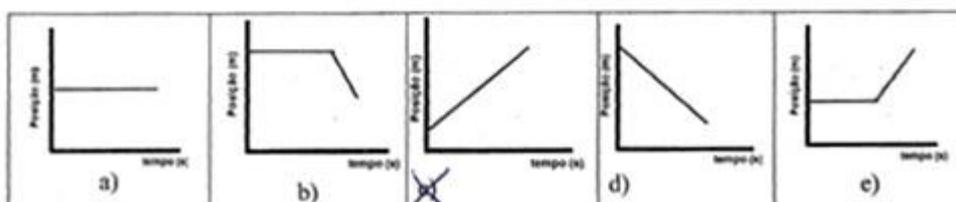
Fonte: Guia de Atividade 1 do participante

Figura 37 - Resposta do participante E14 para a Tarefa 4 da Atividade 1 para questão 15

15. Você está parado em um corredor e observa um menino, que está perto e na sua frente, se afastar ocupando sucessivas posições, conforme a sequencia de imagens ilustradas abaixo. Considerando que você não se movimentou durante o tempo da observação, e que o menino se afastou de você com velocidade constante e em linha reta, qual opção de gráfico representa corretamente este movimento.



Fonte: Construção do autor



Fonte: Construção do autor

Fonte: Guia de Atividade 1 do participante

7.3.2 Atividades de MRUV

Para os objetivos propostos para situação de ensino de MRUV (Quadro 8) os objetivos A2.1 e A2.2 foram trabalhados em sala de aula, sendo que os demais objetivos, listados abaixo foram explorados na Atividade 2.

- Entender os movimentos realizados na sala de aula, interpretando-os como fatos, ou eventos, que podem ser representados como esquemas gráficos gerados para situações de MRUV (Objetivo A2.3; Dimensão *procedural* do conhecimento; Dimensão *compreender* do processo cognitivo);
- Entender aceleração média, interpretando-a como a relação de um deslocamento retilíneo percorrido entre dois pontos previamente estabelecidos, no qual a velocidade varia constantemente em um intervalo de tempo considerado (Objetivo A2.4; Dimensão *conceitual* do conhecimento; Dimensão *compreender* do processo cognitivo);

A Atividade 2 tratou do estudo do movimento de uma bolinha solta na parte superior de um trilho inclinado com um pequeno ângulo de elevação em relação à uma superfície horizontal, e sob o alcance do sensor sonar localizado na extremidade superior do trilho. Enquanto a bolinha descia o plano inclinado, o sistema de aquisição automática de dados capturava os dados de posição e tempo, projetando-os simultaneamente no quadro branco, em uma planilha do Excel. Além da posição e do tempo, a velocidade, aceleração, e os gráficos de posição x tempo, velocidade x tempo e aceleração x tempo também foram sendo construídos, e exibidos no quadro branco, à medida que o movimento era executado.

Quanto ao objetivo de aprendizagem A2.3 (Objetivo A2.3) referente a esta atividade, que trata do entendimento e da interpretação da trajetória de bolinha ao descer o plano inclinado, e a representação gráfica das grandezas projetadas no quadro branco, a Figura 38 apresenta os dados que o participante (E22) registrou e o gráfico posição por tempo representado por ele na Tarefa 1 da Atividade 2, para o movimento da bolinha, e a Figura 39 apresenta a interpretação que o estudante fez do gráfico posição x tempo e também apresenta o gráfico velocidade x tempo para este movimento a partir da tabela da figura anterior, e a interpretação que ele fez deste gráfico. Nesta Tarefa 1, a tabela foi construída coletivamente a partir da aquisição dos dados, os gráficos foram construídos individualmente sem a participação do professor (questões 4 e 5), e a interpretação dos gráficos foi feita coletivamente no formato de institucionalização.

Figura 38 - Dados registrados por um participante (E22), coletados pelo sistema de aquisição automática de dados para a tempo, posição, velocidade e aceleração do movimento de uma bolinha que desce um trilho inclinado da Tarefa 1 da Atividade 2, e o respectivo gráfico de posição por tempo.

TAREFA 1

 **Aquisição automática de dados e levantamento de tabelas e gráficos de um movimento uniformemente variado usando sensor sonar e plano inclinado**

 1. Realize um movimento soltando (sem empurrar) um objeto esférico na extremidade superior do plano inclinado.

2. Registre, na Tabela 1, a posição, o tempo, a velocidade e a aceleração projetadas no quadro branco.

3. Fotografe com um celular as imagens dos gráficos projetadas no quadro branco.

Figura 1 - Rampa com sensor sonar

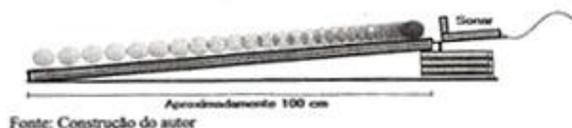


TABELA 1



Tempo (s)	1	3	4	5		
Posição (m)	0,15	0,38	0,62	1,63		
Velocidade (m/s)	0,14	0,24	0,34	0,44		
Aceleração (m/s ²)	0,07	0,08	0,07	0,13		

-  4. Usando os dados da Tabela 1 desenhe o gráfico de posição x tempo. Se necessário utilize as imagens registradas no celular.



Figura 39 - Gráfico de velocidade x tempo registrados por um participante (E22), a partir dos coletados pelo sistema de aquisição automática de dados da Tarefa 1 da Atividade 2, e a interpretação dos gráficos feita coletivamente no formato de institucionalização

-  5. Usando os dados da Tabela 2 desenhe o gráfico da velocidade x tempo.



-  6. Em grupo analisem os dois gráficos desenhados descrevendo nos espaços abaixo as principais características observadas em cada um.

Gráfico s x t (posição x tempo)
<p><i>É uma curva crescente.</i></p>
Gráfico v x t (velocidade x tempo)
<p><i>É uma reta crescente.</i></p>

Fonte: Guia de Atividade 2 do participante

Com relação ao objetivo de aprendizagem A2.4 (Objetivo A2.4), a Figura 40 (a) e (b) ilustra o trabalho realizado por um dos participantes (E14) na Tarefa 2, nas questões 7 a 12. A Figura 40 (a) apresenta os procedimentos de cálculo de aceleração instantânea a partir de dados de velocidade instantânea e posição (obtidos anteriormente na Tarefa 1) realizados pelo estudante, registrando os resultados na Tabela 2 da questão 7 para cada valor de tempo. O estudante analisa o comportamento dos valores obtidos para aceleração instantânea (questão 7) e conclui a respeito dos valores de aceleração obtidos (questão 8), individualmente. A partir do que o estudante conclui na questão 8, ele faz a opção de um intervalo de tempo, e respectivas posição e velocidade, para o cálculo da aceleração média para o intervalo escolhido, generalizando, na questão 10, para todos intervalos de tempo iguais (Figura 40 (b)). Nessa mesma Figura 40 (b), o estudante confirma a sua resposta da questão 10 desenhando o gráfico da aceleração instantânea x tempo na questão 12 com os dados obtidos da Tabela 2, e conclui, coletivamente, acerca da variação da velocidade instantânea em relação ao tempo (aceleração média).

Figura 40 – Construção e formalização do conceito da aceleração média por um dos participantes. (a) Procedimentos de cálculo de aceleração instantânea; (b) compreensão do significado da aceleração e sua representação gráfica.

(a)

TAREFA 2

Construção e formalização do conceito de aceleração escalar média

7. Siga as instruções abaixo para montagem da Tabela 2.

- Copie as medidas de tempo, distancia e velocidade da Tabela 1.
- Calcule a aceleração dividindo Coluna C pela ~~A~~

Tabela 2

A	B	C	D
Tempo(s)	Distância(m)	Velocidade (m/s)	Aceleração (m/s ²)
2	0,17	0,14	0,07
3	0,38	0,24	0,08
4	0,62	0,34	0,08
5	1,63	0,44	0,08

8. As acelerações obtidas são iguais?

- Sim, exatamente.
- Sim, aproximadamente.
- Não, são diferentes.

9. Selecione um intervalo de tempo qualquer na Tabela 2, com suas respectivas velocidades, e calcule a **aceleração média**, usando a Tabela 3 abaixo.

Tabela 3

Intervalo					
	Inicial		Final	Final - Inicial	
Velocidade	v_0	0,14	v_f	0,24	$\Delta v = v_f - v_0$ 0,10
Tempo	t_0	2	t_f	3	$\Delta t = t_f - t_0$ 1
Cálculo da aceleração $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_0}{t_f - t_0} = \frac{0,10}{1} = 0,10$					

(b)



10. O que você pode afirmar comparando os valores das acelerações obtidas a partir das velocidades calculadas em intervalos de tempo iguais?

A aceleração é sempre igual a a .



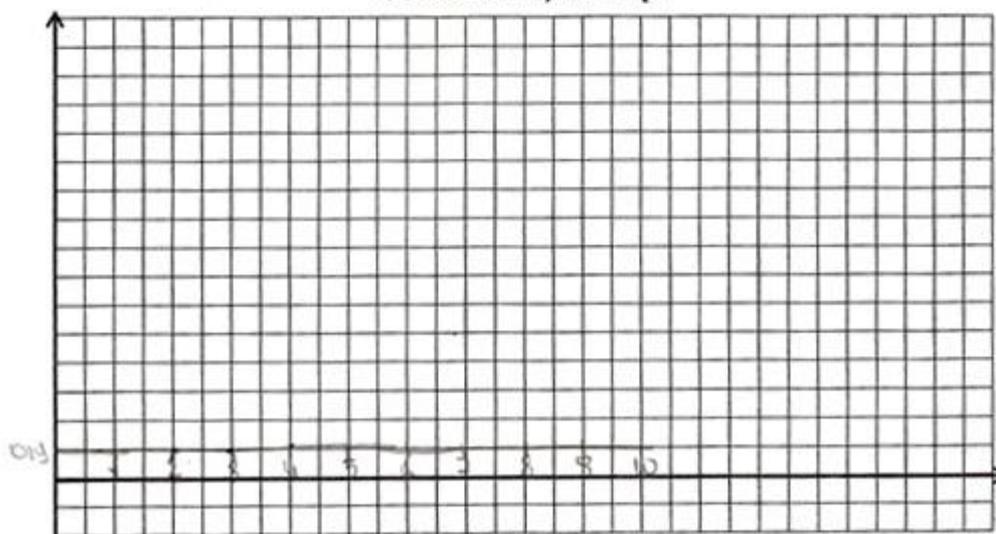
11. Qual a relação entre a variação da velocidade, nos intervalos de tempo obtidos, e a aceleração calculada? Discuta com o grupo e escreva as conclusões no quadro abaixo.

A velocidade varia igualmente.



12. Desenhe o gráfico da aceleração x tempo, usando os dados da Tabela 3.2

Gráfico aceleração x tempo



Fonte: Guia de Atividade 2 do participante

7.4 Opinião dos estudantes participantes

Um questionário contendo 8 questões (APÊNDICE D) foi entregue aos 20 estudantes participantes após o término da intervenção didática para que voluntariamente apresentassem

sua opinião sobre: 1) o que mais chamou a atenção nas aulas de Física, 2) o que não gostaram nas aulas, 3) o que estava difícil nas aulas, 4) o que ficou fácil nas aulas, 5) o que estava difícil nos guias de atividades, 6) quais as recomendações que fariam ao professor para melhorar as aulas, e o que acharam da atividade 7) de MRU e 8) de MRUV.

Na opinião de participantes sobre as atividades de MRU e MRUV realizadas (Quadro 15), eles destacam o fator novidade nas aulas (E01, E04, E05, E09, E10, E15, E16, E17, E18, E19) e a possibilidade que tiveram de participar das aulas de forma direta (E01, E03, E14, E15, E22), fazendo os movimentos (E15) e interagindo com o exercício (E01), sendo que alguns deles relatam que as atividades proporcionaram melhor entendimento dos conceitos/da atividade (E01, E03, E05, E14, E18). Um participante relata não ter gostado de fazer os movimentos sob ação do sonar (E04).

Quadro 15 – Opinião de participantes sobre as atividades de MRU e MRUV realizadas

Opinião sobre as atividades práticas realizadas		
Participante	Atividade de MRU	Atividade de MRUV
E01	Achei a atividade muito interessante porque a gente pode participar diretamente dela. Interagindo com o exercício.	Também foi diferente das aulas e deu para a gente entender novos conceitos de física.
E03	Gostei, porque pude participar da atividade.	Gostei, porque conseguir entender melhor a atividade.
E04	Muito legal, eu não conhecia. O única coisa que não gostei foi que precisava ir fazer os movimentos no sonar.	Interessante, eu não conhecia.
E05	Eu gostei bastante por que foi uma atividade muito interessante.	Foi uma atividade que proporcionou para gente entender melhor a explicação.
E09	Gostei não conhecia.	Gostei nunca tinha visto foi muito legal.
E10	Achei bem legal, não conhecia o sonar.	Achei legal amostrar o movimento da bolinha.
E14	Gostei. Porque eu pude participar das atividades.	Gostei. Porque eu consegui entender melhor a atividade.
E15	1) Gostei porque a gente tinha que fazer os movimentos. 2) interessante porque eu nunca tinha visto.	Interessante por que eu nunca tinha visto.
E16	Achei legal.	Adorei e não conhecia.
E17	Gostei pois era uma novidade.	Gostei muito interessante.
E18	Gostei. Porque eu consegui encherar melhor as atividades.	Gostei. Porque eu nunca tinha feito esta atividade.

E19	Bem legal, é super facil, até divertido de fazer, nunca tinha visto.	Também gostei dessa, nunca tinha visto também.
E22	Foi legal, porque a gente participava muito das atividades.	Foi legal.

Fonte: Dados retirados do questionário opinário dos participantes

É importante destacar que as aulas de Física sobre cinemática escalar foram desenvolvidas por meio de aulas expositivo-dialogadas, com uso do quadro branco e slides, e por meio de aulas com atividades práticas, seja por meio de experimentação com uso do sistema de aquisição automática de dados com sensor sonar seja com exercícios de lápis e papel. Nas atividades práticas experimentais, os estudantes, em grupos, se envolveram em situações de ação, em que realizaram movimentos com aproximações aos modelos de MRU e MRUV, coletaram dados de posição e tempo destes movimentos realizados, observando a construção simultânea dos gráficos posição em função do tempo projetados no quadro branco, formulando noções de repouso, tempo, distância, posição, deslocamento e trajetória. Os estudantes também se envolveram em outras situações de formulação para os conceitos de velocidade e aceleração, construindo em seus guias de atividades, com uso de lápis e papel, as respectivas representações gráficas destes movimentos, e obtendo valores numéricos para as grandezas velocidades médias e acelerações médias dos movimentos realizados. Os estudantes também procuraram validar os novos conceitos na solução de exercícios de lápis e papel propostos nos guias de atividades. Assim, na perspectiva das situações didáticas de Brousseau, as aulas práticas envolveram diretamente os estudantes, em grupos, em diversas situações de ação, formulação e validação para que estas aulas pudessem ser levadas a cabo.

Quando os participantes foram questionados sobre o que mais chamou-lhes atenção nas aulas de Física, as respostas mencionam (Quadro 16) as atividades realizadas em grupo com os colegas da classe (E03, E05, E10, E12, E14, E15, E16, E18, E19), as atividades com o sonar (E04), os experimentos (E01, E08, E09, E17, E23), os experimentos com gráficos (E06), as atividades em grupo e experimentos (E02, E11, E20), e os experimentos com os colegas de classe (E22).

As respostas dadas pelos participantes a esta questão, frente as aulas que continham atividades propostas para que eles se envolvessem ativamente, indica que os estudantes tiveram uma percepção positiva das aulas. Brousseau (2012, p. 27) enfatiza em sua teoria que “a sucessão de situações de ação constitui o processo pelo qual a aluno vai aprender um método de resolução de um problema” e ainda que “[...] ser aluno é administrar (com ajuda do professor) situações de aprendizagem [...]” que é o meio onde ambos interagem.

Quadro 16 - Opinião dos participantes sobre o que mais chamou atenção nas aulas

Opinião sobre o que mais chamou atenção nas aulas	
Participante	Respostas
E01	Os experimentos.
E02	Atividades em grupos, experimentos.
E03	As atividades em grupo.
E04	As atividades com o somar.
E05	As atividades em grupos
E06	Os experimentos com gráficos.
E08	Os experimentos.
E09	Os experimentos.
E10	As atividades em grupo com os colegas.
E11	Experimentos atividades com o meus colegas.
E12	Atividade em grupos.
E14	As atividades com os meus colegas.
E15	As atividades em grupo.
E16	As atividades com meus colegas.
E17	Os experimentos.
E18	As atividades com os meus colegas.
E19	As atividades em grupo, todos trabalhando juntos.
E20	Atividades em grupos, experimentos.
E22	Os experimentos com meus colegas.
E23	Os experimentos.

Fonte: Dados retirados do questionário opinário dos participantes

O Quadro 17 apresenta as respostas à questão sobre o que não gostaram nas aulas. À esta questão, a maioria dos participantes se referiu aos textos e enunciados das tarefas propostas nas atividades, que entenderam ser longos para leitura durante as aulas (E08, E09, E10, E11, E12, E14, E15, E16, E17, E18). Alguns reportaram que não gostaram de realizar movimentos sob ação do sonar (E04, E06), ou de fazer os gráficos propostos nas atividades (E03, E05), enquanto outros deles disseram que gostaram de tudo (E01, E02, E20). Um participante relatou: “nós copiávamos pouco, queria ter mais informações no caderno.” (E19).

Quadro 17 - Opinião dos participantes sobre o que não gostaram nas aulas

Opinião sobre o que não gostaram nas aulas	
Participante	Resposta
E01	Não teve nada que eu não gostei.

E02	Gostei de tudo.
E03	Fazer gráficos.
E04	Fazer o movimento no sonar.
E05	Os gráficos.
E06	Quando tinha que ir la na frente do quadro fazer movimentos.
E08	Os textos.
E09	Os enunciados.
E10	As atividades que tinham que ler muito.
E11	Os textos tinha que ler muito.
E12	Enunciado grande de mais.
E14	Ler os textos muitos grandes.
E15	Ler os enunciados e textos.
E16	Enunciados grandes.
E17	Os textos.
E18	Os textos.
E19	É que nós copiavamos pouco, queria ter mais informações no caderno.
E20	Gostei de tudo.
E22	Ler os enunciados muito grande.
E23	Não gostei dos enunciados, muito largos.

Fonte: Dados retirados do questionário opiniário dos participantes

Possivelmente, não gostar de “fazer gráficos” pode estar relacionado a dificuldade de realizar tarefas relacionadas à construção de gráficos para relacionar grandezas físicas, propostas nas atividades práticas. O Quadro 18 apresenta as respostas dos participantes à questão sobre o que estava difícil nas aulas. Cerca da metade dos participantes relata que achou difícil fazer os gráficos, e a outra metade relata que nada estava difícil.

Quadro 18 - Opinião dos participantes sobre o que estava difícil nas aulas

Opinião sobre o que estava difícil nas aulas	
Participante	Resposta
E01	Não achei nada difícil nos experimentos.
E02	Alguns gráficos.
E03	Não achei difícil.
E04	Não achei nada difícil.
E05	Não achei nada difícil.
E06	Fazer graficos.
E08	Fazer os graficos.
E09	Os gráficos.
E10	Fazer os gráficos.
E11	Fazer os graficos nas aulas tive dificuldade.

E12	Não achei nada difícil.
E14	Não tinha nada difícil.
E15	Os gráficos.
E16	Fazer os graficos.
E17	Fazer os gráficos.
E18	Não achei nada difícil.
E19	Na verdade nada.
E20	Alguns gráficos.
E22	Fazer graficos.
E23	Nada.

Fonte: Dados retirados do questionário opinário dos participantes

Quanto ao que sugerem ao professor para melhorar as aulas de Física (Quadro 19), a maioria dos participantes sugere mais aulas práticas (E02, E03, E05, E06, E08, E10, E11, E12, E14, E15, E17, E18, E20, E22), um participante sugere que as aulas de Física seguissem tendo experimentos (E01), dois participantes sugerem que as aulas sejam ao ar livre (E16, E23), um participante sugere que mais informações fiquem no caderno (E19), e dois participantes sugerem mais aulas de Física na semana (E04, E09).

Quadro 19 - Opinião dos participantes para melhorar as aulas de Física

Opinião para melhorar as aulas de Física	
Participante	Resposta
E01	Que seguisse tendo aulas com experimentos.
E02	Mais aulas práticas.
E03	Ter mais aulas práticas.
E04	Mais aulas de física na semana.
E05	Ter mais aulas práticas.
E06	Mais aulas pratica.
E08	Mais aulas praticas.
E09	Mais aulas.
E10	Mais aulas praticas.
E11	Ter aulas muito mais praticas.
E12	Fazer mais aulas praticas.
E14	Mais aulas praticas.
E15	Aulas praticas mais experimentos.
E16	Ser ao ar livre.
E17	Mais aulas práticas.
E18	Mais aulas práticas.
E19	As aulas foram ótimas, mas eu queria mais informação no caderno.
E20	Mais aulas práticas.

E22	Mais aulas praticas, e ser ao ar livre.
E23	Ser ao ar livre.

Fonte: Dados retirados do questionário opiniário dos participantes

7.5 Reflexões do professor pesquisador

A necessidade de uma prática diferenciada que possibilitasse aos estudantes a aprendizagem dos conceitos introdutórios de Física no 9º ano do ensino fundamental foi a motivação deste trabalho. O planejamento das situações didáticas buscou valorizar o interesse e a participação direta dos estudantes nas atividades propostas. Focando na construção do conhecimento por parte dos estudantes, foram elaboradas sessões com atividades interativas utilizando um sistema de aquisição automática de dados, composto por um computador, uma placa micro processada e um sensor sonar, idealizadas para que os estudantes, unindo prática e teoria, simultaneamente pudessem aprender significativamente conceitos introdutórios de cinemática. Para o desenvolvimento das ações pedagógicas, foram planejados dois guias sequenciais de atividades, divididos em tarefas, sendo o primeiro para MRU e o segundo para MRUV. As atividades foram trabalhadas com os estudantes nas sessões de ensino durante 18 horas aula.

A metodologia didática empregada foi importante no desenvolvimento desta pesquisa, fato demonstrado pela aceitação das atividades planejadas nos guias de atividades, onde os estudantes resolveram as situações didáticas propostas coletivamente, evidenciando autonomia durante sua realização. Os resultados encontrados para desempenho e motivação dos estudantes participantes, antes e após a pesquisa, analisados comparativamente, atestaram um aumento estatisticamente significativo no aspecto cognitivo e estabilidade do nível motivacional dos estudantes, comprovando o acerto das escolhas e das estratégias de ensino propostas, que poderão servir de auxílio a professores interessados em agregar novas situações as suas práticas pedagógicas.

Algumas dificuldades encontradas no desenvolvimento das atividades foram contornadas com uma reorientação de atitudes e de ações planejadas para os estudantes. Como exemplo, cito a dificuldade apresentada por alguns estudantes na interpretação de textos, que resultou em desinteresse momentâneo sobre os assuntos tratados em sala de aula. Após a constatação desse obstáculo, foi solicitado a um estudante componente do grupo de trabalho que, quando necessário, e voluntariamente, realizasse a leitura dos textos das questões propostas no material instrucional, durante as atividades. Os estudantes passaram, então, a discutir melhor

sobre suas ações e a responder as perguntas formuladas em conjunto, no seu grupo de trabalho. Em outro momento, foi observada a preocupação dos estudantes em somente responder as questões corretamente, desconsiderando a aprendizagem, o que tornaria a aula desinteressante e sem valia, fato que foi contornado através do diálogo com os estudantes sobre a naturalidade de ocorrência de erros durante as ações desenvolvidas. Desta forma, procurando evitar respostas prontas e incentivando os estudantes a elaborarem suas próprias ideias, através do debate e da troca de informações, eles passaram a compreender que errar também faz parte dos processos de aprendizagem. Esta nova compreensão resultou na socialização de dúvidas nos grupos de trabalho, na busca comum para superação de mais este obstáculo, resultando, algumas vezes, em discussões sobre as concepções apresentadas, o que lhes auxiliou na formulação e na institucionalização dos conceitos físicos tratados nas tarefas propostas.

Essas situações específicas, ocorridas durante a evolução das atividades, evidenciou fatos peculiares da turma objeto da experiência. São circunstâncias muitas vezes não previstas durante a elaboração das atividades, advindas muitas vezes de deficiência de aprendizagens anteriores, e que se manifestam através de atitudes inesperadas, mas que muitas vezes podem ser facilmente contornadas pelo professor.

Como professor tenho convicções que orientam minhas ações em sala de aula. Convicções estas que estão em constante mudança, conseqüente de experiências concretas advindas de práticas pedagógicas que possibilitam reflexões sobre teorias relacionadas ao ensino-aprendizagem. Com o desenvolvimento desta pesquisa uma nova perspectiva foi acrescentada: a de professor-pesquisador. Por um lado, a preocupação de trabalhar orientado por teorias educacionais fundamentadas, registrar, documentar de forma precisa, que são características de um trabalho científico e, por outro lado, a importância da escolha de técnicas apropriadas e do conhecimento didático necessário para o ensino em sala de aula. Trata-se de uma nova característica formada pelo constante diálogo das teorias do ensino com as técnicas pedagógicas utilizadas em sala de aula. Entendo que o professor que reflete sobre suas ações de ensino, buscando melhorá-las, poderá contribuir de forma significativa para construção do pensamento reflexivo de professores e de nossos estudantes.

8 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo estudar alguns aspectos da aprendizagem de cinemática introdutória em duas dimensões, a cognitiva e a do incentivo, a partir de uma sequência de ensino planejada para a interação do estudante do ensino fundamental de 9º ano com um sistema de aquisição automática de dados construído com base em um sensor sonar ultrassônico de movimento, uma plataforma Arduino e o *software* Excel.

A metodologia de pesquisa envolveu pressupostos da Engenharia Didática organizada em quatro fases: a análise preliminar, concepção e análise *à priori*, experimentação, e análise *à posteriori* e validação. Essa metodologia tem como característica ser uma pesquisa realizada na própria ação didática, em que os eventos educativos para análise e avaliação são coletados no próprio local de sua realização, com o envolvimento do professor-pesquisador e dos estudantes participantes da pesquisa.

Para a validação da pesquisa, adotamos instrumentos de coleta de dados quantitativos em dois momentos distintos da pesquisa, nas fases *à priori* e *à posteriori*, que aliados aos resultados das análises qualitativas, obtidas por intermédio de opiniões dos participantes da pesquisa e de análises de atividades realizadas pelos participantes durante a realização da engenharia, resultam nas seguintes conclusões a respeito as hipóteses estabelecidas para esta pesquisa, para o grupo de participantes investigados:

- a) Aceitação das hipóteses A e B, uma vez que se constatou evolução na compreensão, pelos participantes deste estudo, de conhecimentos relacionados conceitos de posição, tempo, velocidade e aceleração e de suas representações gráficas, com o uso da aquisição automática de dados nas situações adidáticas sobre MRU e MRUV; e,
- b) Rejeição da hipótese C, uma vez que não se constatou evolução na motivação para aprender de conhecimentos relacionados aos conceitos de velocidade e aceleração, e de suas representações gráfica, com o uso da aquisição automática de dados por grupo de estudantes nas situações adidáticas sobre MRU e MRUV.

Para finalizar, destacamos, como principais produções deste estudo: o teste de conhecimento de cinemática introdutória, testado para estudantes do 9º ano do ensino fundamental; e, a sequência de ensino validada, que poderá ser adaptada pelos professores de ciências de acordo com sua realidade educacional. A sequência de ensino foi idealizada e testada para 16 horas-aula de trabalho de cinemática introdutória. A metodologia adotada

permite que a sequência de ensino seja otimizada, tanto em carga horária quanto em conteúdo, de acordo com as necessidades do professor.

REFERÊNCIAS

AGRELLO, D.A.; GARG, Reva. **Compreensão de gráficos de cinemática em física introdutória**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 21, n. 1, 1999.

ALMOULOUD, S. Ag. **Fundamentos da didática da matemática**. Curitiba: Ed. UFPR, 2007.

ARAUJO, Ives S.; VEIT, Eliana A.; MOREIRA, Marco A. **Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da cinemática**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 2, p. 179-184, 2004.

ARDUINO. Disponível em: <www.arduino.cc>. Último acesso em: 24 mai. 2015.

ARTIGUE, M.; PERRIN GLORIAN, M. J. **Didactic engineering, research and development tool**: some theoretical problems linked to this duality. For the Learning of Mathematics, v. 11, n. 1, p. 13-18, 1991.

ARTIGUE, M. **Didactical engineering as a framework for the conception of teaching products**. In: BIEHLER, R.; SCHOLZ, R.; STRÄSSER, R.; WINKLEMANN, B. (Ed.). Didactics of mathematics as a scientific discipline. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 27-39.

_____. **Didactical design in mathematics education**. In: WISLØW, C. (Ed.), Nordic Research in Mathematics Education, Proceedings from NORMA08 in Copenhagen, April 21-25, 2008. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers, p. 7-16, 2009.

AUSUBEL, David P. **Aquisición y retención del conocimiento**: Una perspectiva cognitiva. Buenos Aires: Ediciones Paidós Ibérica S.A., 2002.

BAPTISTA, José P.; FERRACIOLI, Laércio. **A evolução do pensamento sobre o conceito de movimento**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 21, n. 1, p. 187-194, 1999.

BEICHNER, R. J. **Testing student interpretation of kinematics graphs**. American Journal of Physics, v. 62, n. 8, 1994.

BRASIL. **LDB-Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Ministério da Educação e Cultura. Brasília: MEC, 1996. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2014.

_____. **PCN-Parâmetros Curriculares nacionais: Ensino Médio: Linguagens, códigos e suas tecnologias**-Ministério da Educação e Cultura. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais**. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC, SEF, 1998.

_____. **Guia de livros didáticos: PNLD 2014: ciências: ensino fundamental: anos finais**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2013.

BROUSSEAU, Guy. **Introdução ao estudo da teoria das sequencias didáticas: conteúdos e métodos de ensino**. 1.ed. São Paulo: Ática, 2008.

BZUNECK, José Aloyseo. **A motivação do aluno: aspectos introdutórios**. In: BORUCHOVITCH, Evely; BZUNECK, José Aloyseo (Orgs.). **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2001.

CAVALCANTE, Marisa A.; TAVAROLO, Cristiane R.Caetano; MOLISANI, Elio. **Física com arduíno para iniciantes**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, p. 4503-1-4503-9, 2011.

COLL, César; MARTÍ, Eduardo. **Aprendizagem e desenvolvimento: a concepção genético-cognitiva da aprendizagem**. In: COLL,, César; MARCHESI, Álvaro; PALACIOS, Jesús (Orgs.). **Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação escolar**. v.2. 2.e.d. Tradução Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2007

ELECFREACKS. Ultrasonic Ranging Module HC - SR04. Manual do Fabricante. Disponível em: < <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>>. Último acesso em: 24 mai. 2015.

FERREIRA, Álvaro Manuel Folhas. **A análise digital de vídeo e software exploratório no ensino da Física**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2012. Relatório para obtenção do Grau de Mestre em Ensino da Física e da Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2012.

FERNANDES, Jaiza Helena Moisés. **Software livre na educação para além da inclusão digital e social: letramentos múltiplos de professores e alunos**. Texto Livre: Linguagem e Tecnologia, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 2-15, out. 2011. ISSN 1983-3652. Disponível em: <<http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/textolivres/article/view/88/7277>>. Acesso em: 18 mar. 2015. doi:<http://dx.doi.org/10.17851/1983-3652.4.1.2-15>.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge A. **Física para todos - concepções erradas em mecânica e estratégias computacionais**. In: 1º Colóquio de Física do Instituto Politécnico de Tomar, 1998. Disponível em <http://nautilus.fis.uc.pt/softc/Read_c/RV/virtual_water/articles/art3/art3.html>. Acesso em: 23 jun. 2015.

FONSECA, Laerte S. **Funções Trigonométricas. Elementos “de” & “para” uma Engenharia Didática**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

GUIMARÃES, Sueli Édi Rugini. **Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas na sala de aula**. In: BORUCHOVITCH, Evely; BZUNECK, José Aloyseo (Orgs.). A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2001.

GIL-PÉREZ, Daniel; FURIÓ MÁ, Carles; VALDÉS, Pablo; SALINAS, Julia; MARTÍNEZ-TORREGROSA, Joaquín; GUIASOLA, Jenaro; GONZÁLEZ, Eduardo; DUMAS-CARRÉ, André; GOFFARD, Monique; PESSOA DE CARVALHO, Ana Maria. **Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?**. Enseñanza de las Ciencias, v. 17, n. 2, p. 311-320, 1999.

ILLERIS, Knud. **Uma compreensão abrangente sobre aprendizagem humana**. In: KNUD, Illeris (Org.), Teorias contemporâneas da aprendizagem. Tradução de Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Penso, 2013.

HAAG, Rafael; ARAUJO, Ives S.; VEIT, Eliane A. **Por que e como introduzir aquisição automática de dados no laboratório didático de física?**. Física na Escola, v. 6, n.1, 2005.

KRATHWOHL, David R. **A revision of Bloom’s Taxonomy: an overview**. Theory into Practice, v. 41, n. 4, 2002.

LAWS, Priscilla; PFISTER, Hans. **Using digital video analysis in introductory mechanics projects**. The Physics Teacher, v. 36, p. 282-287, 1998. Disponível em: <[http://physics.dickinson.edu/~dept_web/activities/papers/Video Analysis.pdf](http://physics.dickinson.edu/~dept_web/activities/papers/Video%20Analysis.pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2015.

LEITÃO, Lúcia I.; DORNELES, Pedro F. T.; ROCHA, Fábio S. da. **A vídeo-análise como recurso voltado ao ensino de física experimental: um exemplo de aplicação na mecânica**. Revista Electrónica de Investigación em Educación em Ciências, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2011.

McDERMOTT, L. C.; ROSENQUIST, M. L.; VAN ZEE, E. H. **Student difficulties in connecting graphs and physics: examples from kinematics.** American Journal of Physics, Woodbury, v. 55, n. 6, p. 503-513, June 1987.

MICROSOFT Excel. Disponível em: <<https://products.office.com/en-us/excel?legRedir=true&CorrelationId=8163ffef-e8d4-461d-a454-b9bedeabd7cc>>. Último acesso em: 24 mai. 2015.

MOREIRA, Marco A. **A teorias da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula.** Brasília: UnB, 2006.

_____. **Metodologias de pesquisa em ensino.** São Paulo: Livraria da Física, 2011.

NEVES, E. R. C.; BORUCHOVITCH, E. **Escala de avaliação da motivação para aprender de alunos do ensino fundamental (EMA).** Psicologia: Reflexão e Crítica, v.20, n. 3, p. 406-413, 2007.

OLIVEIRA, M. **Sequencia Didática Interativa no processo de formação de professores.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

GIL PEREZ, D.; FURIÓ MÁ, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; GUIASOLA, J.; GONZÁLEZ, E.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFFARD, M.; PESSOA DE CARVALHO, A. M. **Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?**, Enseñanza de las Ciencias, v. 17, n. 2, p. 311-320, 1999.

PALANDI, Joecir; FIGUEIREDO, Dartanhan Baldez; DENANRDIN, João Carlos; MAGNAGO, Paulo Roberto. **Cinemática e dinâmica.** Grupo de Ensino de Física, Departamento de Física. Santa Maria: UFSM, 2010.

PARALLAX Inc. Disponível em: <<https://classic.parallax.com/downloads/plx-daq>>. Último acesso em: 24 mai. 2015.

PLANOS DE ESTUDO. **Ensino Fundamental**, 9ª Série – Componente Curricular: Ciências. Colégio Estadual Professor Waldemar Amoretty Machado. 2011.

PPP. **Projeto Político Pedagógico.** Colégio Estadual Professor Amoretty Machado. 13ª Coordenadoria de Educação. Bagé-RS. 2013.

REGIMENTO. **Regimento do Ensino Fundamental de 9 anos.** Colégio Estadual Professor Amoretty Machado. 13ª Coordenadoria de Educação. Bagé-RS. 2013.

REGO, Teresa Cristina. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 22.ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2011.

ROCHA, F. S.; GUADAGNINI, P. H. **Sensor sonar de movimento para ensino de física experimental**. Latin-American Journal of Physics Education, v. 4, n. 2, p. 306-315, 2010.

ROSA, P. R. D. S.; MOREIRA, M. A. **Uma introdução a pesquisa quantitativa em ensino**. Campo Grande: Ed. UFMS, 2013.

SANTO, Alexandre do. **Técnicas empregadas na análise de itens**. SEMINA. v. 1, n. 2, p. 37-42. 1978.

SCRATCH. Media Lab do MIT. Disponível em <https://scratch.mit.edu/about/>>. Acesso em 30 jun. 2015.

SILVÉRIO, Antônio dos A. **As dificuldades no ensino/aprendizagem da física**. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/105360>>. Acesso em: 23 jun. 2015.

UCA. **Um Computador por Aluno**. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/programa-nacional-de-tecnologia-educacional-proinfo/proinfo-projeto-um-computador-por-aluno-uca?highlight=YToxOntpOjA7czozOiJ1Y2EiO30=>>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

ZAIONTZ, C. Real Statistics Using Excel. Disponível em: <www.real-statistics.com>, 2015. Último acesso em: 28 mai. 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Guia de atividade da situação de ensino de MRU

Nome:		
Turma:	Numero:	Data:

Instruções IMPORTANTES para o desenvolvimento da atividade	
	Indica que você deve esperar por instruções do professor.
	Indica trabalho desenvolvido em grupo.
	Indica resposta ou tarefa individual.

Material necessário

- Régua.
- Lápis.
- Borracha.

TAREFA 1**Construção de Gráficos**

- Realize um movimento compassado de afastamento do sonar com rapidez (constante) e lenta, entre dois pontos previamente sinalizados em sala de aula.
- Após anote na tabela abaixo as medidas de distância percorrida e tempo, indicadas pelo professor.

Tabela 1

Tempo (em segundos)									
Distância (em centímetros)									

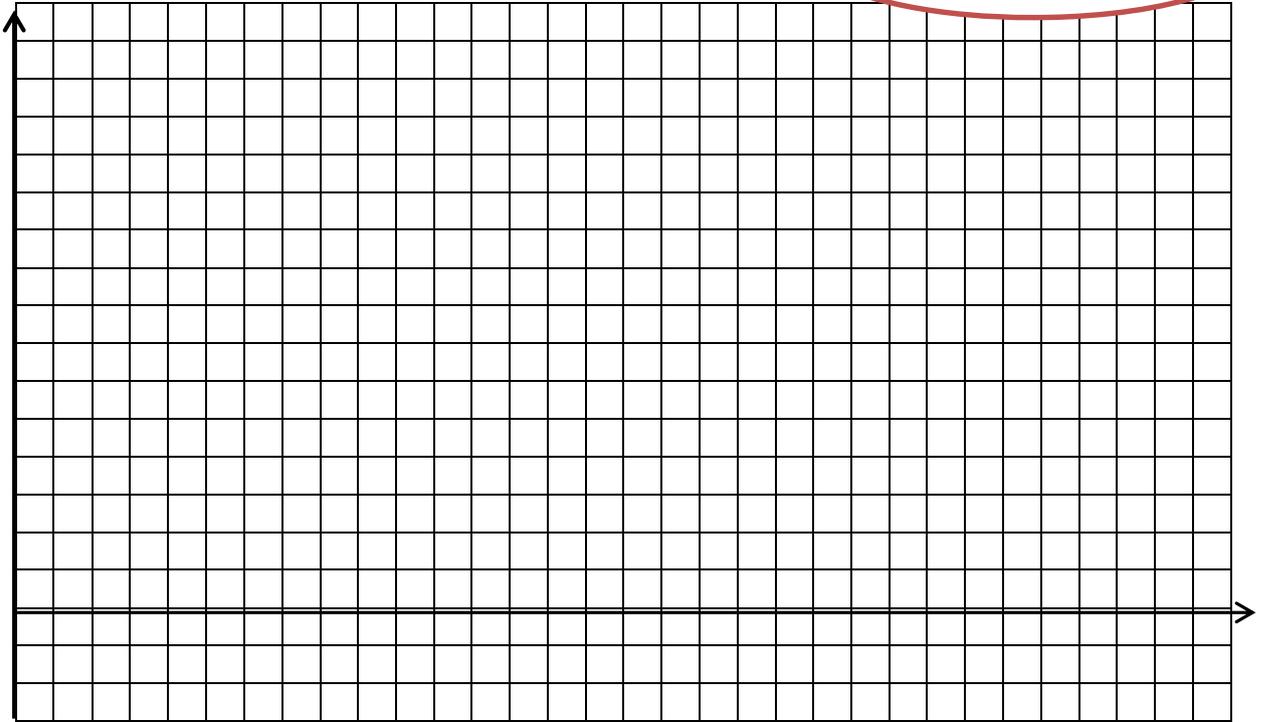
- Utilizando os dados da tabela acima, desenhe o gráfico representativo do movimento realizado, usando o espaço milimetrado a seguir.



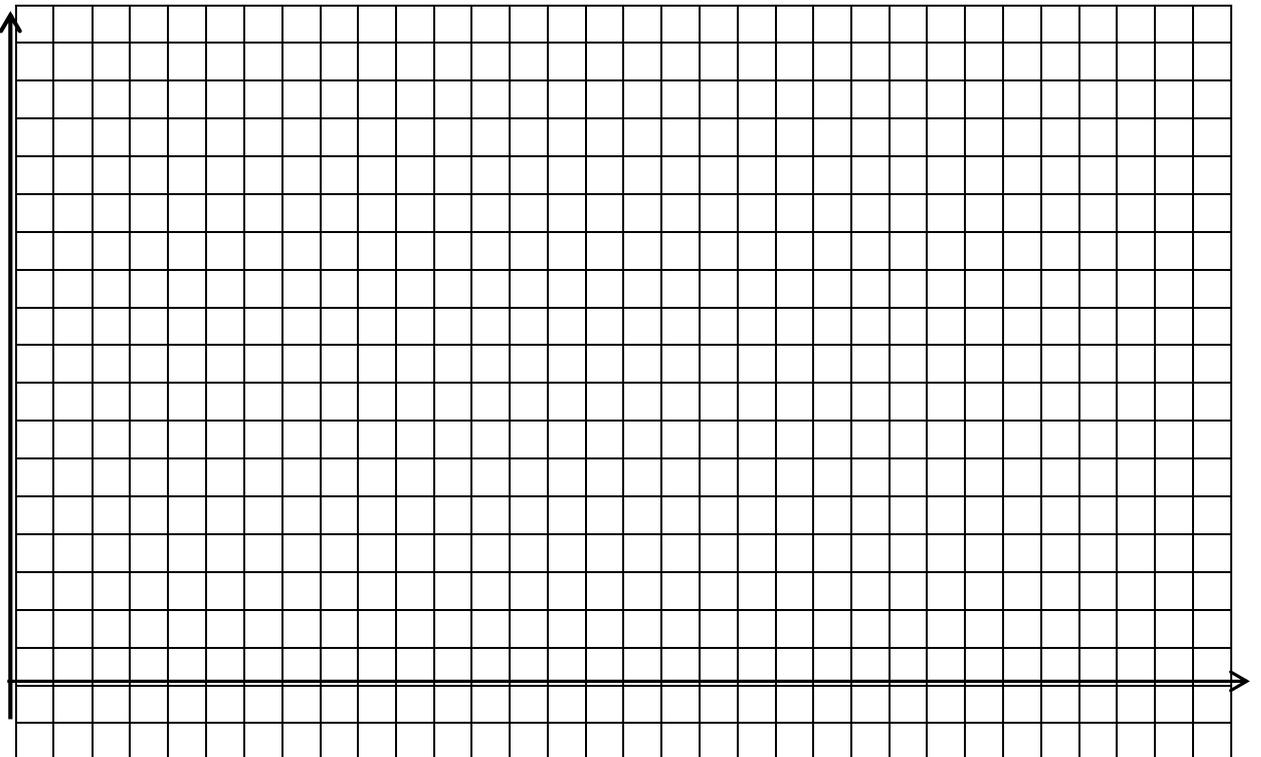
Espaço reservado para construção do gráfico. Use somente lápis e borracha.

Rascunho

Utilize o rascunho se achar necessário!



Definitivo – Gráfico 1





4. Escrevam no quadro abaixo os conceitos discutidos em sala de aula de referencial, distância entre dois pontos, e intervalo de tempo.

Referencial	
Distância entre dois pontos	
Intervalo de tempo	

5. Escolha e indique, no gráfico definitivo da página anterior, dois pontos para cálculo da distância e o seu correspondente intervalo de tempo.



Distância entre dois pontos	
Intervalo de tempo	

Informe nos espaços o cálculo realizado!

6. Indique no gráfico definitivo da página anterior, com uma seta, o ponto representativo da origem do movimento.

TAREFA 2



Esta tarefa deverá ser realizada em grupos de, no máximo, 4 componentes, com respostas individuais neste Guia de Atividades.

1. Idealize e nomeie dois tipos de movimentos lentos, um de **afastamento** e outro de **aproximação** do sonar, para serem executados em linha reta entre dois pontos distantes aproximadamente 3 metros um do outro.

2. Executem os movimentos usando o sensor sonar.

Planeje com os demais componentes do grupo como será o movimento antes de executá-lo!



3. Utilize um celular com câmera para registrar os dois gráficos.

4. Nas tabelas abaixo:

- a. Indiquem um nome para cada um dos tipos de movimento.
- b. Marquem com um “X” indicando se o movimento foi de aproximação ou de afastamento do sonar.
- c. Desenhem o gráfico obtido de acordo com o resultado mostrado no *datashow* (o mesmo registrado pelo celular).
- d. Utilizem o espaço abaixo do gráfico para descrever o gráfico.
- e. Anotem, na tabela abaixo do gráfico, algumas medidas de distância e tempo do gráfico gerado.

Verifique se as medidas de distância e tempo foram corretamente anotadas. Peça auxílio ao professor se tiver dificuldade em obtê-las!

TAREFA 3



Responda as questões abaixo utilizando os resultados obtidos a partir dos movimentos executados na Tarefa 2.

1. Considerando os aspectos de rapidez e sentido do deslocamento em relação ao sensor sonar (afastamento ou aproximação), nos movimentos executados, o que você pôde observar com relação ao formato do gráfico gerado? Discuta com o restante do grupo esta situação e escreva no espaço abaixo o que foi observado.
2. Após, cada grupo deverá socializar sua escrita utilizando o espaço indicado pelo professor.



Afastamento	
Aproximação	



Construção e formalização do conceito de velocidade média escalar

3. Para cálculo da velocidade escalar média, utilize os intervalos de tempo e as distâncias indicadas pelo professor, obtidas do movimento realizado por um aluno ao alcance do sensor sonar.



Dados do movimento realizado por um aluno							
	Inicial	Final	Δ		Inicial	Final	Δ
Distância (em metros)							
Tempo (em segundos)							
Velocidade escalar média (em m/s)							

4. A definição apresentada pelo professor de velocidade escalar média está de acordo os dados obtidos no **item 3**?

- a. Sim.
- b. Não.

5. Justifique a resposta da questão anterior.

6. Calcule a velocidade escalar média utilizando dados obtidos no **Movimento 1 - Tabela 2** e no **Movimento 2 - Tabela 3**, nas páginas 5 e 6, da **Tarefa 2**. Selecione intervalos de tempo iguais para o cálculo da velocidade escalar média.



Dados do Movimento 1 – Tabela 2							
	Inicial	Final	Δ		Inicial	Final	Δ
Distância (em metros)							
Tempo (em segundos)							
Velocidade escalar média (em m/s)							



Dados do Movimento 2 – Tabela 3							
	Inicial	Final	Δ		Inicial	Final	Δ
Distância (em metros)							
Tempo (em segundos)							
Velocidade escalar média (em m/s)							



7. Um componente do grupo deverá posicionar-se durante alguns segundos, sem se movimentar, em qualquer posição ao alcance do sonar. Faça um esboço do gráfico no espaço “**Gráfico 4**”.



8. Após, o mesmo componente do grupo deverá posicionar-se novamente durante alguns segundos, ao alcance do sonar, em uma posição diferente do item anterior. Faça um esboço do gráfico no espaço “Gráfico 5”. (ação)

Gráfico 4

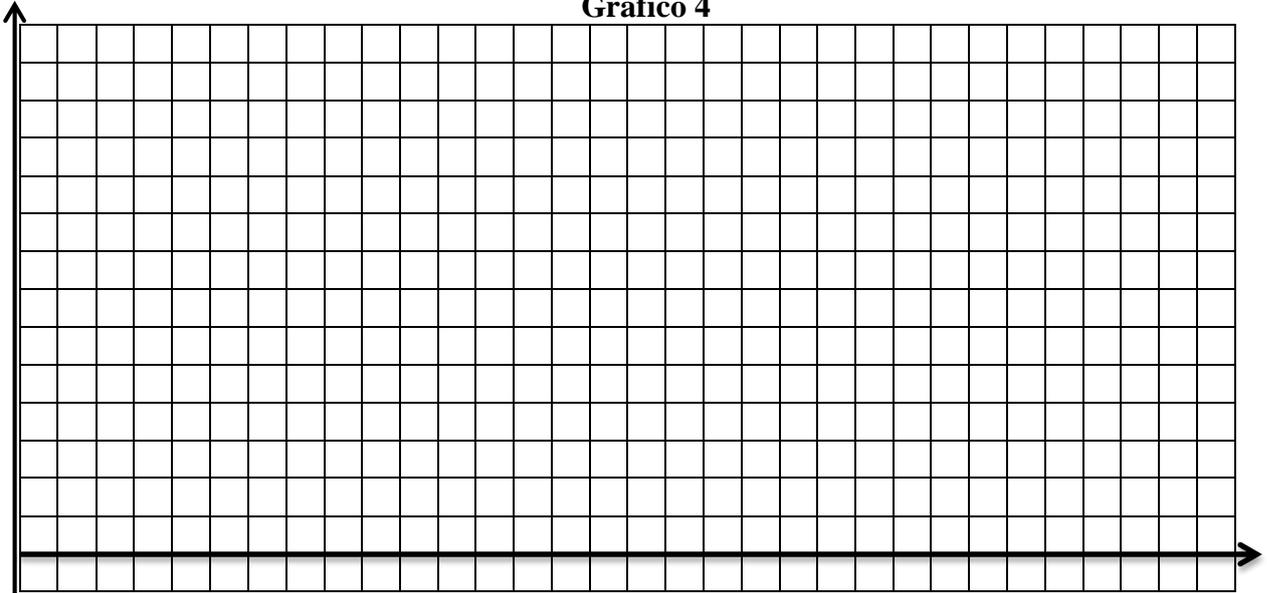
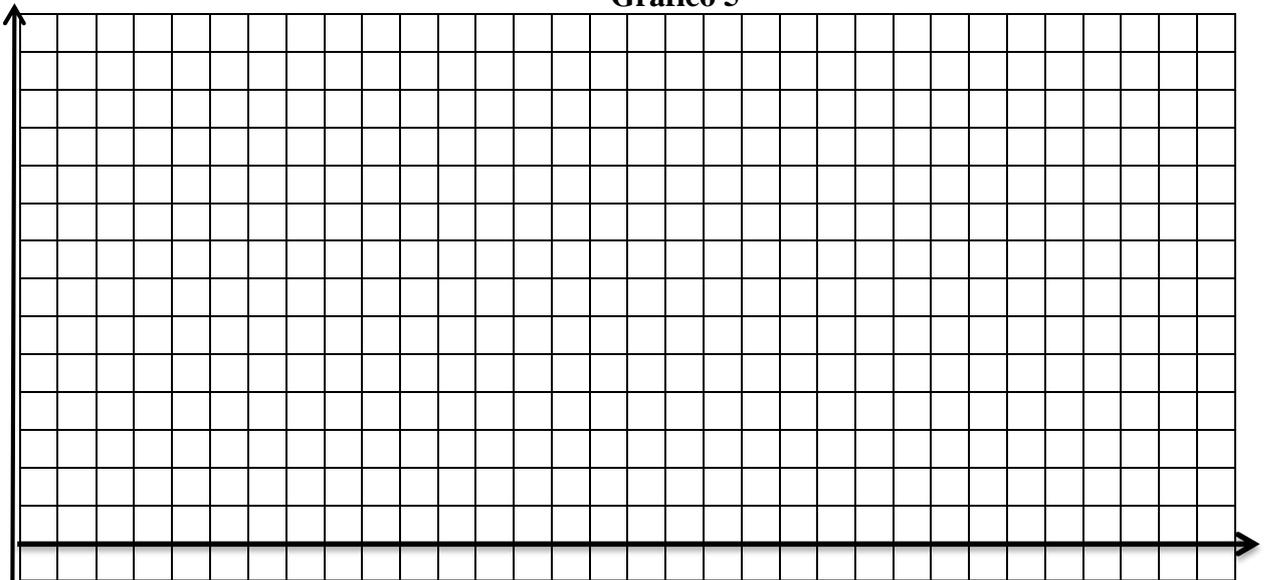


Gráfico 5

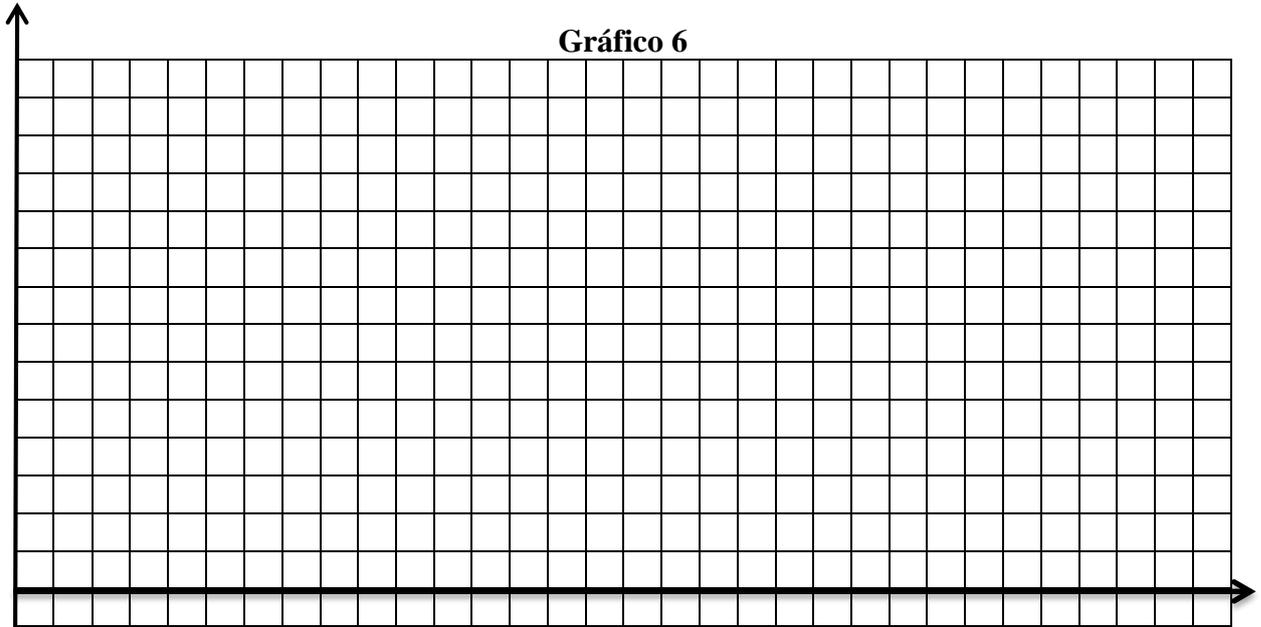


9. Comparando os Gráficos 4 e 5, quais são as semelhanças, e diferenças, observadas.

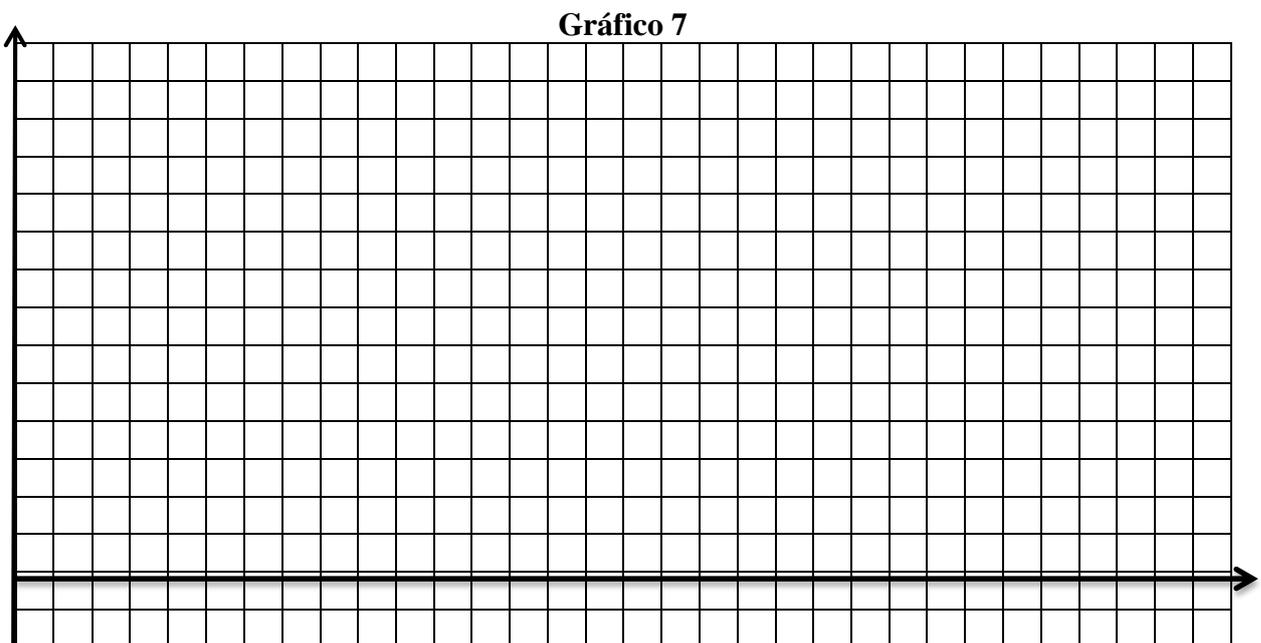


Semelhanças	
Diferenças	

10. Usando os gráficos desenhados nesta atividade, como você desenharia um gráfico de alguém que está **parado** a uma distância de 1,0 metro do sensor sonar, durante 10 segundos e, em seguida, se **afasta** do sonar, durante 5,0 segundos com uma rapidez constante e lenta? Verifique a sua resposta com os resultados obtidos na Tarefa 1.



11. Usando os gráficos desenhados nesta atividade, como você desenharia um gráfico de alguém que está parado, durante 5,0 segundos, a uma distância de 2,0 metros do sensor sonar e, em seguida, se **aproxima** do sonar, durante 5,0 segundos, com uma rapidez constante e lenta? Verifique a sua resposta com os resultados obtidos na Tarefa 1.



TAREFA 4



Texto Introdutório para as Questões 1 e 2:

Observe a sequência de imagens abaixo. Trata-se de um menino caminhando na praia.



Fonte: Construção do autor

Mas como sabemos que ele está se deslocando? Para termos a sensação de movimento, a imagem de fundo (a praia) é sempre a mesma, servindo de **referência** para indicar a mudança de posição. Podemos agir de forma semelhante, em nosso dia a dia, quando queremos observar se houve movimento.

1. Selecione no texto a seguir as alternativas que corretamente preenchem as lacunas.

Se quisermos verificar a existência de movimento de um carro, por exemplo, adotamos um referencial que não muda de posição em relação ao carro e observamos se a _____ (**distância/velocidade**) entre esse ponto de referência e o carro se altera durante um _____ (**intervalo de tempo/instante de tempo**). Se esta distância entre o ponto de referência e o carro mudar, então afirmamos que houve movimento, caso contrário dizemos que o carro está em _____ (**repouso/descanso**) em relação àquele referencial.

2. Utilizando os parênteses, estabeleça a correta correspondência entre a primeira coluna e a terceira coluna.

a. Referencial	()	Quando há mudança de posição em relação a um referencial.
b. Movimento	()	Quando não há mudança de posição em relação a um referencial.
c. Repouso	()	É algo que adotamos para verificar se um corpo está em movimento ou em repouso.

Texto Introdutório para a Questão 3:

Quando um carro se desloca entre duas cidades suas dimensões são desprezíveis para o estudo do seu movimento. Isso quer dizer que o tamanho do carro não irá influenciar em alguns aspectos como, por exemplo, a distância entre as cidades. Neste caso podemos considerá-lo como um ponto que denominamos na Física de “**ponto material**”. Esta idealização nada mais é do que uma simplificação que fazemos para melhor descrever o movimento. Outros exemplos: uma bola em relação a um campo de futebol, uma pessoa em relação ao planeta Terra, etc. Porém, é importante destacar, que esta é uma situação relativa ao que estamos estudando, isto é, em algumas situações o carro do primeiro exemplo não poderá ser considerado como um ponto e, neste caso, a denominação passa a ser “**corpo extenso**”.

3. Marque na tabela a seguir a alternativa correta, de acordo com a situação descrita.

a. Ponto Material b. Corpo Extenso	<input type="checkbox"/>	Estudo do movimento de um caminhão se deslocando entre duas cidades.
	<input type="checkbox"/>	Estudo do espaço ocupado por um caminhão em uma pequena garagem.
	<input type="checkbox"/>	Estudo do tempo de travessia de um pequeno túnel por um trem com vários vagões.
	<input type="checkbox"/>	Estudo somente da velocidade de queda de um paraquedista durante um salto de 2 km de altura.
	<input type="checkbox"/>	Estudo do movimento de um aluno se deslocando entre dois pontos em sala de aula ao alcance de um sensor sonar.

Texto introdutório para a Questão 4:

Denominamos de “**trajetória**” a linha formada pelas diversas posições ocupadas por um móvel durante um deslocamento. Nossa escola realizou em 2013 uma competição de lançamento de foguetes de água. Nas fotos abaixo, obtidas durante o evento, podemos observar que a água ao sair do foguete deixou um rastro indicando a sua trajetória.

Usando lápis ou caneta, desenhe sobre as fotos a trajetória como uma única linha iniciando no solo e indo até o foguete.



Fonte: Construção do autor

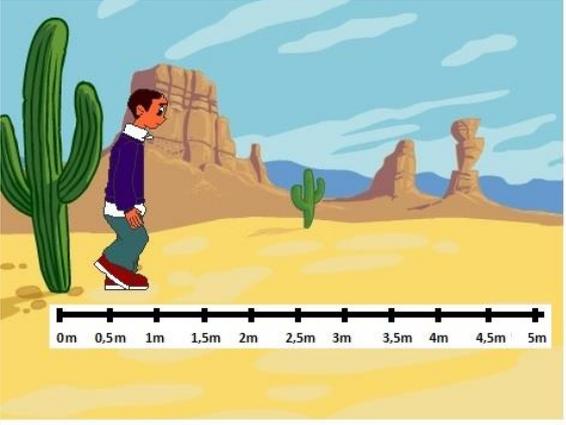
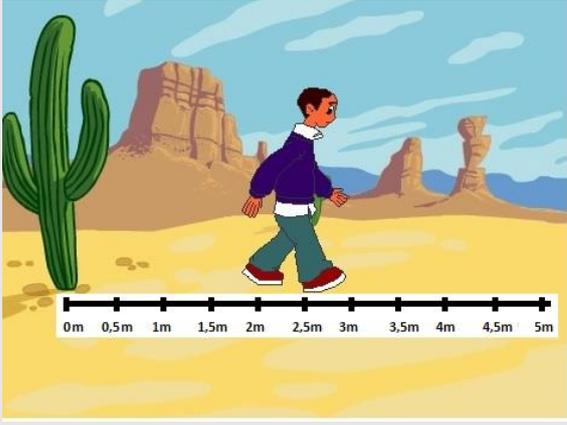
Texto Introdutório para as Questões 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11:

Observe a sequência de imagens a seguir:

		
Imagem 01	Imagem 02	Imagem 03
Tempo: zero segundo	Tempo: 2 segundos	Tempo: 4 segundos

Fonte: Construção do autor

Adotando o cacto como **referencial** é fácil notar que as imagens representam o movimento de um menino caminhando no deserto. Porém para entendermos melhor este movimento precisamos de mais algumas informações como, por exemplo, o tempo do deslocamento e a posição ocupada durante a caminhada. Com relação ao tempo foi inserida uma contagem, em segundos, da duração do deslocamento. Mas como devemos proceder se quisermos saber qual é a posição do menino, em relação ao referencial (cacto), durante a sua caminhada? Para isso temos que medir o **espaço** percorrido em relação ao referencial adotado. Veja como ficariam as duas primeiras imagens, com uma escala em metros, contendo as medidas do espaço percorrido pelo menino durante o deslocamento.

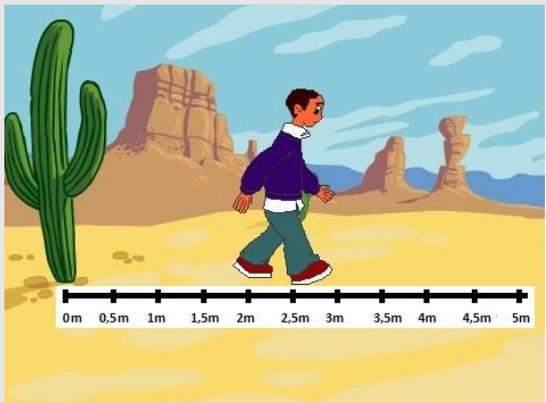
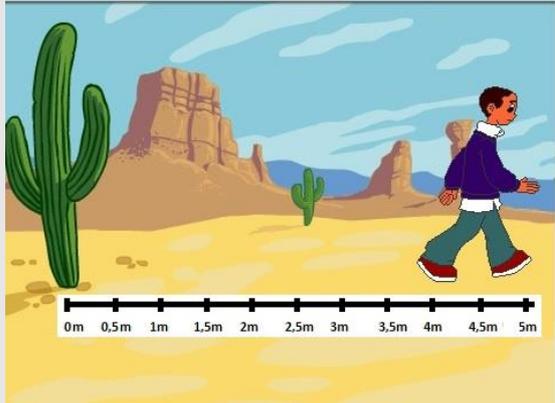
	
Imagem 01	Imagem 02
Tempo: 0 segundo	Tempo: 2 segundos

Fonte: Construção do autor

- Observando a Imagem 01, podemos dizer que no momento em que o menino iniciou a caminhada ele estava a _____ metros do cacto que adotamos como referencial.
- Olhando a Imagem 02, e utilizando a escala em metros, a posição do menino naquele instante foi de _____ metros.

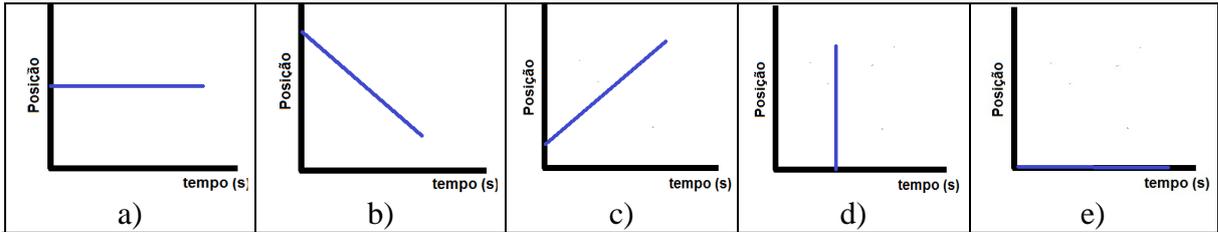
9. Entre a Imagem 01 e a Imagem 02 decorreu um intervalo de tempo de _____ segundos.

Acrescentamos agora a Imagem 03 à sequência de imagens.

	
<p>Imagem 02</p>	<p>Imagem 03</p>
<p>Tempo: 2 segundos</p>	<p>Tempo: 4 segundos</p>

Fonte: Construção do autor

10. Na Imagem 03 a posição do menino em relação ao cacto foi de _____ metros.
11. Comparando a Imagem 01 com a Imagem 03 podemos dizer que o espaço percorrido entre a posição inicial (Imagem 01) e a posição final (Imagem 03) foi de _____ metros.
12. Desde o início do movimento (Imagem 01), quanto tempo, em segundos, decorreu até o menino chegar à posição da Imagem 03?
13. Qual é o intervalo de tempo, em segundos, decorrido na mudança de posição entre as Imagens 02 e 03?
14. Um estudante realizou diversos movimentos em linha reta, compassados e lentos, ao alcance de um sonar (considerado por ele como a origem dos movimentos). Ele obteve como resultados gráficos de posição (em metros) por tempo (em segundos), que desenhou separadamente. Dentre os possíveis gráficos obtidos, mostrados abaixo, qual é aquele que, certamente, não representaria nenhum tipo de movimento realizado pelo estudante.



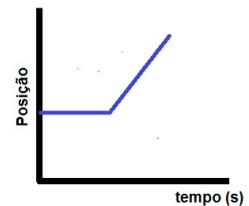
Fonte: Construção do autor

15. Utilizando a tabela da questão anterior, estabeleça uma correspondência entre o gráfico desenhado e o tipo de movimento realizado.

()	Movimento com velocidade escalar média constante de afastamento da origem.
()	O estudante ficou parado distante da origem, e não executou movimento.
()	Movimento com velocidade escalar média constante de aproximação da origem.
()	O estudante ficou parado na origem, sem executar movimento.

16. O gráfico ao lado representa um móvel que:

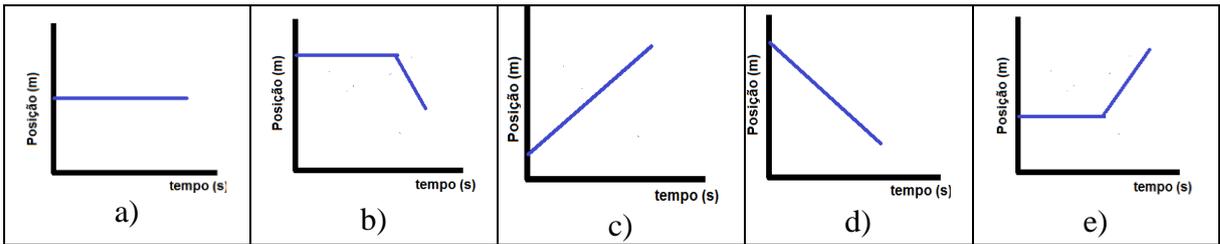
- Inicialmente está em repouso, por alguns segundos, e em seguida segue em movimento uniforme com velocidade escalar média constante, afastando-se da origem do movimento.
- Está em repouso, portanto não houve movimento em relação à origem.
- Está sempre em movimento com velocidade escalar média constante.
- Inicialmente está em movimento uniforme com velocidade escalar média constante, por alguns segundos, e em seguida para e permanece em repouso.
- Afasta-se da origem em movimento uniforme com velocidade constante.



17. Você está parado em um corredor e observa um menino, que está perto e na sua frente, se afastar ocupando sucessivas posições, conforme a sequência de imagens ilustradas abaixo. Considerando que você não se movimentou durante o tempo da observação, e que o menino se afastou de você com velocidade constante e em linha reta, qual opção de gráfico representa corretamente este movimento.



Fonte: Construção do autor

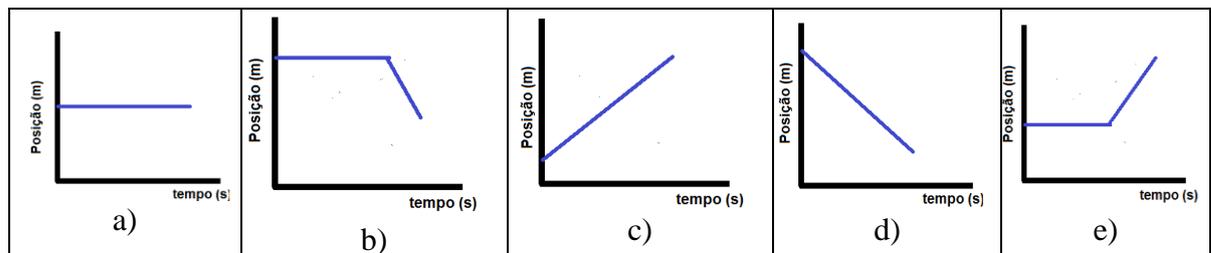


Fonte: Construção do autor

18. Um menino observa, sem mudar sua posição, um dançarino posicionado a alguns metros executar alguns movimentos. Durante o tempo que o menino observou a dança percebeu que o dançarino também não mudou de posição em relação a ele. Qual gráfico representa corretamente a situação do dançarino em relação ao observador?

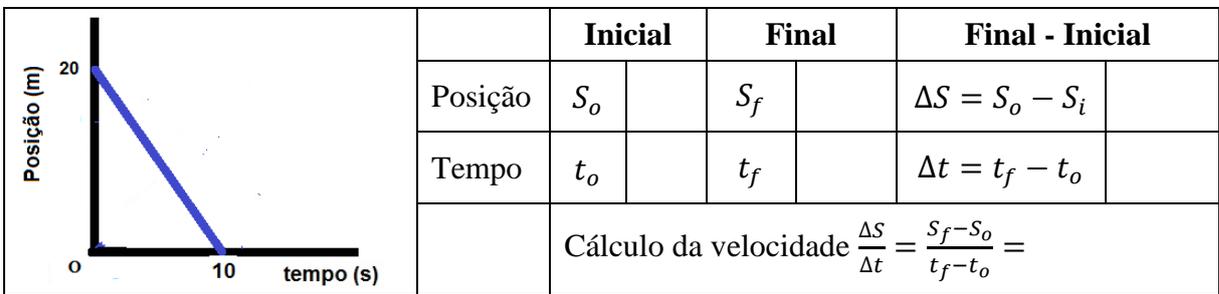
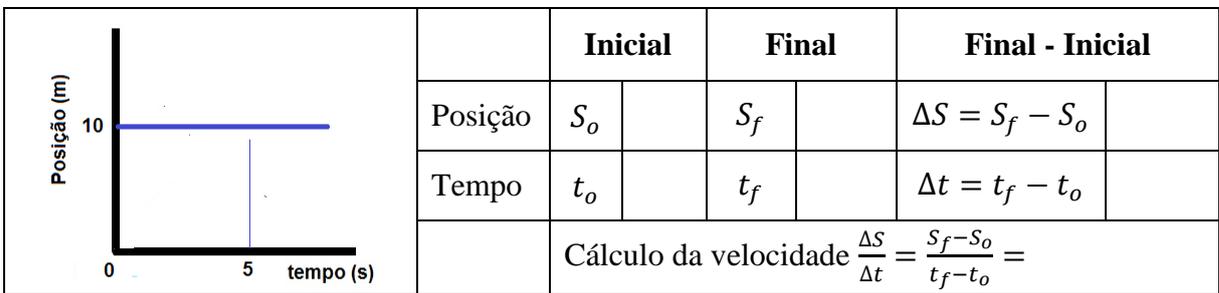
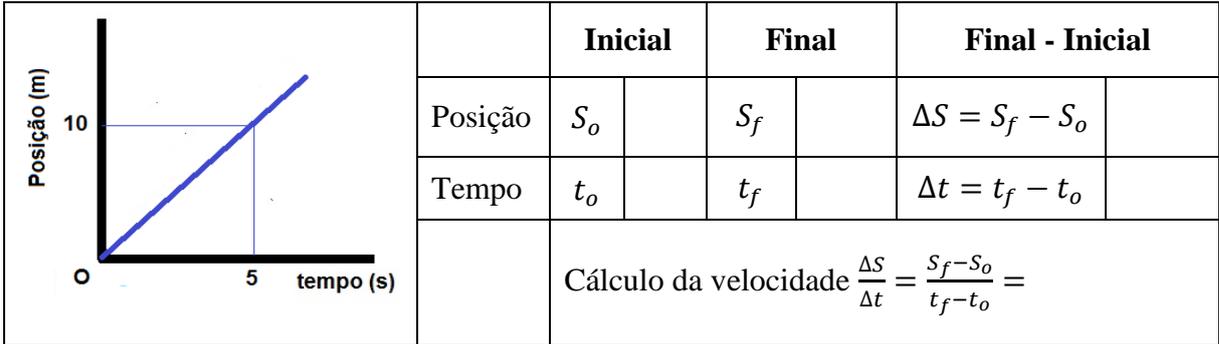


Fonte: Construção do autor



Fonte: Construção o autor

19. Utilizando os gráficos calcule a velocidade média escalar, em cada situação:



Fonte: Construção do autor

APÊNDICE B - Guia de atividade para a situação de ensino de MRUV

Instruções IMPORTANTES para o desenvolvimento da atividade	
	Indica que você deve esperar por instruções do professor.
	Indica trabalho desenvolvido em grupo.
	Indica resposta ou tarefa individual.

Nome:

Turma:

Numero:

Data:

➤ Material necessário (individual)

- a) Régua.
- b) Lápis.
- c) Borracha.
- d) Celular.

➤ Material necessário (coletivo)

- a) Plano inclinado.
- b) Sensor sonar.

TAREFA 1

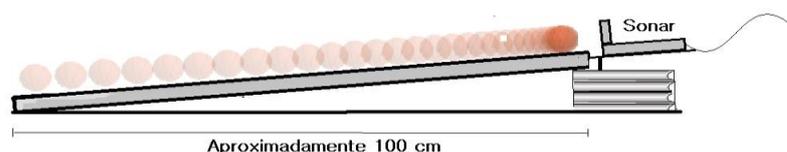


Aquisição automática de dados e levantamento de tabelas e gráficos de um movimento uniformemente variado usando sensor sonar e plano inclinado



1. Realize um movimento soltando (sem empurrar) um objeto esférico na extremidade superior do plano inclinado.
2. Registre, na Tabela 1, a posição, o tempo, a velocidade e a aceleração projetadas no quadro branco.
3. Fotografe com um celular as imagens dos gráficos projetadas no quadro branco.

Figura 1 - Rampa com sensor sonar



Fonte: Construção do autor

Tabela 1

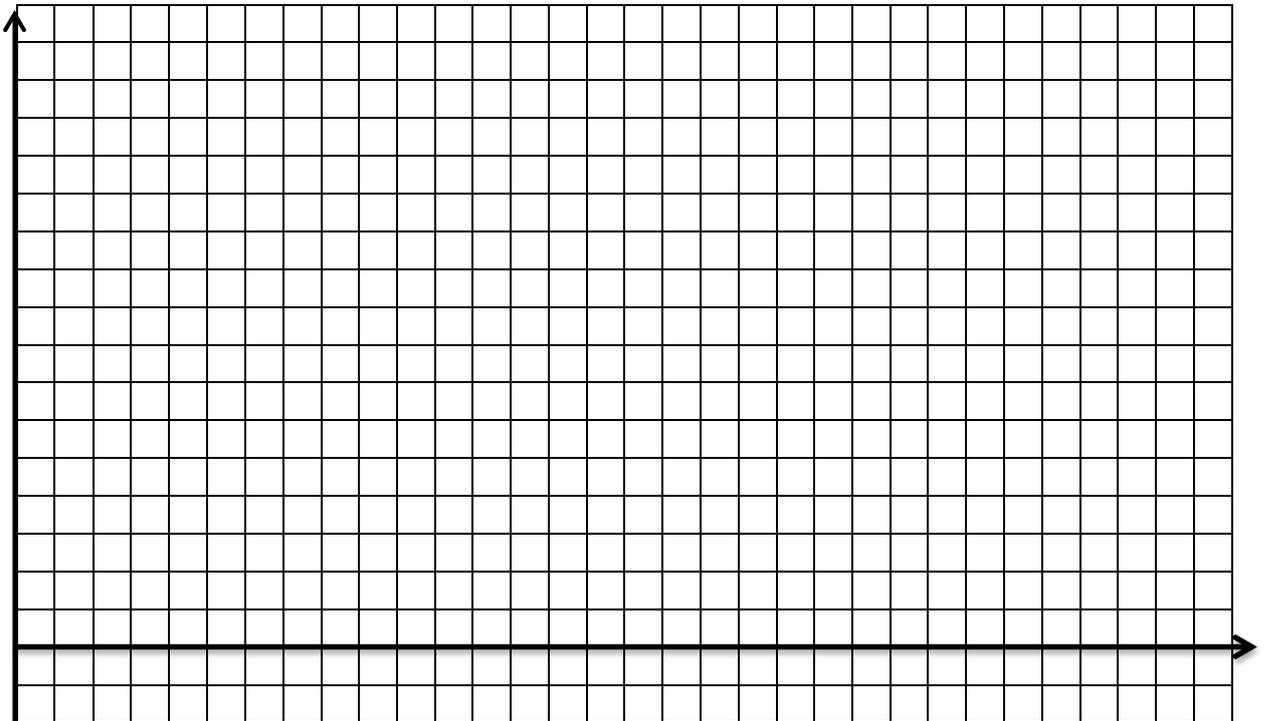


Tempo (s)						
Posição (m)						
Velocidade (m/s)						
Aceleração (m/s ²)						



4. Usando os dados da Tabela 1 desenhe o gráfico de posição x tempo. Se necessário utilize as imagens registradas no celular.

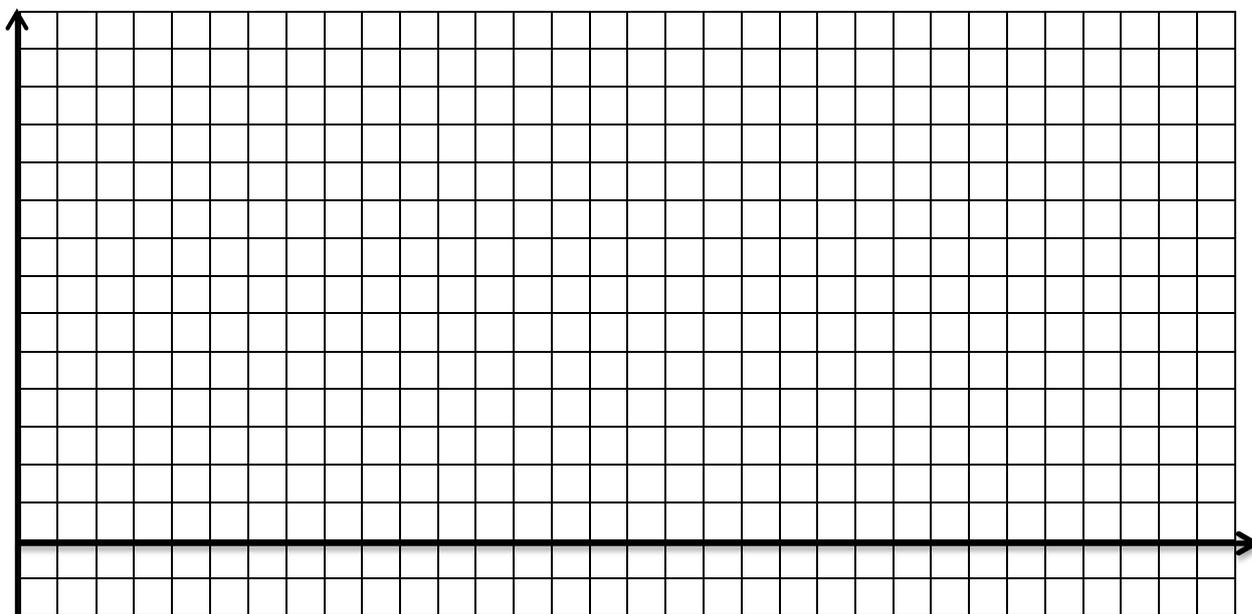
Gráfico posição x tempo





5. Usando os dados da Tabela 2 desenhe o gráfico da velocidade x tempo.

Gráfico velocidade x tempo



6. Em grupo analisem os dois gráficos desenhados descrevendo nos espaços abaixo as principais características observadas em cada um.

Gráfico s x t (posição x tempo)

Gráfico s x t (posição x tempo)

Gráfico v x t (velocidade x tempo)

Gráfico v x t (velocidade x tempo)

TAREFA 2



Construção e formalização do conceito de aceleração escalar média

1. Siga as instruções abaixo para montagem da Tabela 2.
 - a. Copie as medidas de tempo, distância e velocidade da Tabela 1.
 - b. Calcule a aceleração dividindo Coluna C pela A.

Tabela 2

A	B	C	D
Tempo(s)	Distância(m)	Velocidade (m/s)	Aceleração (m/s ²)

2. As acelerações obtidas são iguais?
 - a) Sim, exatamente.
 - b) Sim, aproximadamente.
 - c) Não, são diferentes.
3. Selecione um intervalo de tempo qualquer na Tabela 2, com suas respectivas velocidades, e calcule a **aceleração média**, usando a Tabela 3 abaixo.

Tabela 3

Intervalo					
	Inicial		Final		Final - Inicial
Velocidade	v_o		v_f		$\Delta v = v_f - v_o$
Tempo	t_o		t_f		$\Delta t = t_f - t_o$
	Cálculo da aceleração $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_o}{t_f - t_o} =$				





4. O que você pode afirmar comparando os valores das acelerações obtidas a partir das velocidades calculadas em intervalo de tempo iguais?

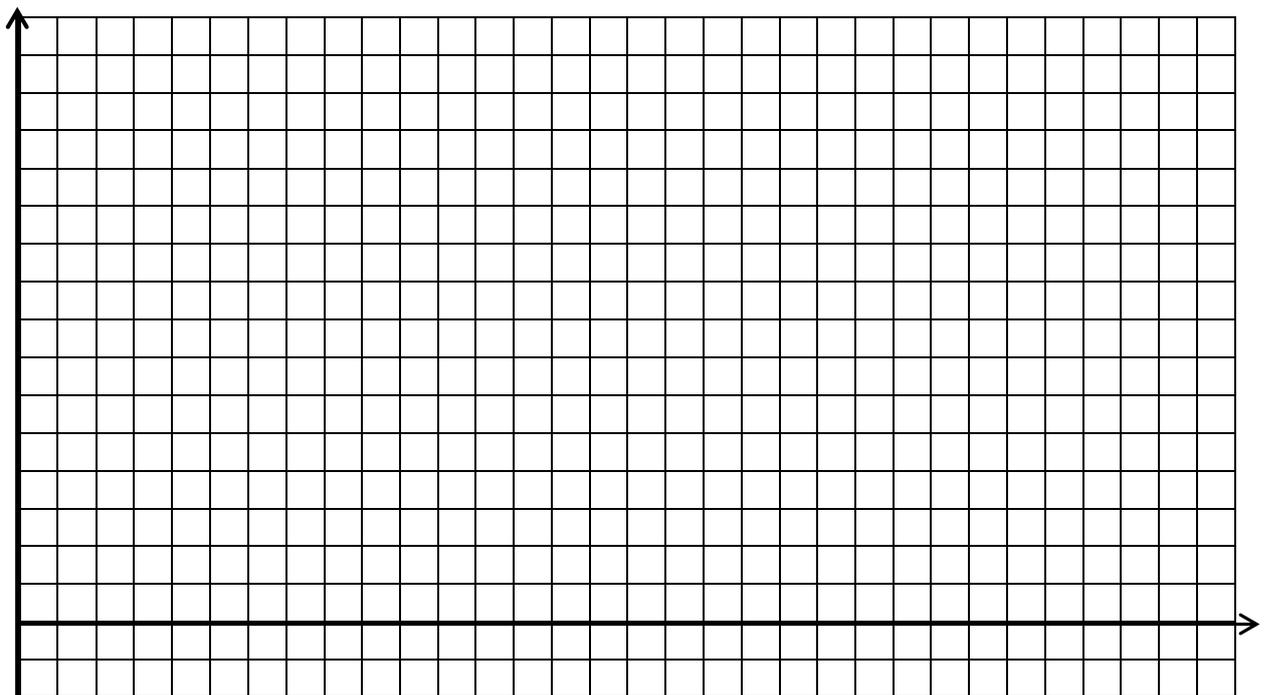


5. Qual a relação entre a variação da velocidade, nos intervalos de tempo obtidos, e a aceleração calculada? Discuta com o grupo e escreva as conclusões no quadro abaixo.



6. Desenhe o gráfico da aceleração x tempo, usando os dados da Tabela 3.

Gráfico aceleração x tempo





7. Escreva resumidamente o que significa velocidade.



8. Escreva resumidamente o que significa aceleração.

TAREFA 3

Sistematizando os conceitos construídos e criando novos movimentos.



1. Soltem na rampa inclinada (sem empurrar), dois diferentes tipos de bolinha (fornecidas pelo professor), uma por vez, usando sempre a mesma inclinação. Execute os movimentos do início até o fim da rampa inclinada. Anote na tabela abaixo (Procedimento 1) as medidas de tempo e velocidade obtidas a partir de dados capturados pelo sensor sonar. Após, calcule a **aceleração média** para o movimento de cada bolinha.
2. Finalizado o procedimento 1, aumente um pouco a inclinação da rampa e refaça o procedimento, usando a tabela Procedimento 2 para registrar os dados.

Procedimento 1		Inclinação Menor					
		Bolinha 1			Bolinha 2		
		Inicial	Final	Δ	Inicial	Final	Δ
	Tempo						
	Velocidade						
	Aceleração média						

Procedimento 2		Inclinação Maior					
		Bolinha 1			Bolinha 2		
		Início	Fim	Δ	Início	Fim	Δ
	Tempo						
	Velocidade						
	Aceleração média						

- 1) Com relação à **velocidade** nos procedimentos executados, pode-se afirmar que:
 - a) É maior no início dos movimentos.
 - b) É menor no fim dos movimentos.
 - c) É maior no fim dos movimentos.
 - d) É sempre a mesma, porém diferente de zero.
 - e) Não existe.
- 2) Com relação à **aceleração média** calculada nos procedimentos executados, pode-se afirmar que:

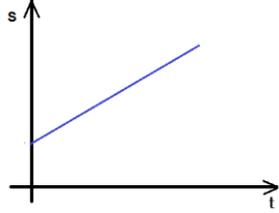
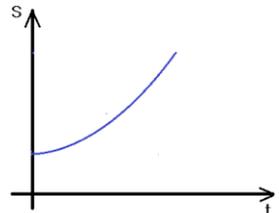
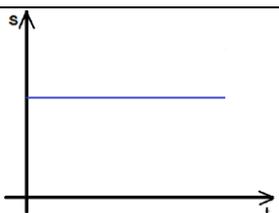
- a) É sempre a mesma, independente do procedimento.
 - b) É sempre zero.
 - c) É maior no fim de todos os movimentos.
 - d) É menor no fim de todos os movimentos.
 - e) Em cada procedimento permaneceu a mesma.
- 3) Com relação à inclinação da rampa e a velocidade no final do percurso, podemos afirmar que:
- a) Aumentando a inclinação da rampa diminui a velocidade.
 - b) Aumentando a inclinação da rampa aumenta a velocidade.
 - c) Não existe relação entre a inclinação da rampa e a velocidade.
 - d) Na maior inclinação possível a velocidade no final é igual a inicial.
 - e) Na menor inclinação, sem ser a horizontal, a velocidade é a máxima.
- 4) Que fator foi preponderante na alteração da velocidade das bolinhas, em cada procedimento?
- a) A massa diferente de cada bolinha.
 - b) O tempo de descida.
 - c) O sonar.
 - d) A aceleração.
 - e) O computador.
- 5) Se soltarmos (sem empurrar) uma bolinha inicialmente no início da rampa inclinada e, após finalizado o movimento, executá-lo novamente soltando a bolinha no meio da rampa inclinada, sem alterar a inclinação, é correto afirmar que no final do percurso:
- a) A velocidade foi igual para ambas às situações.
 - b) A velocidade foi maior no segundo caso.
 - c) Em nenhum dos casos existiu aceleração.
 - d) A aceleração foi a mesma para os dois movimentos.
 - e) Em ambos os casos existiu aceleração constante e diferente de zero.

TAREFA 4

4. Utilizando os parênteses, estabeleça a correta correspondência entre a primeira coluna e a terceira coluna, considerando um movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV).

a. Aceleração	()	Varia igualmente em intervalos de tempo iguais.
b. Velocidade	()	É independente de qualquer tipo de movimento.
c. Tempo	()	É constante neste tipo de movimento.

5. Os gráficos a seguir representam grandezas físicas de um movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV). Utilizando os parênteses, estabeleça a correta correspondência entre o tipo de gráfico na primeira coluna e a sua representação na terceira coluna.

a. Aceleração x tempo	()	
b. Velocidade x tempo	()	
c. Deslocamento x tempo	()	

6. Selecione no texto a seguir as alternativas que preenchem corretamente as lacunas.

Galileu Galilei (1564-1642), físico, matemático e astrônomo, no século XVII, estudou o conceito de aceleração para melhor entender o movimento de queda dos objetos. Devido à falta de precisão dos instrumentos de medida existentes na época, Galileu optou por usar um plano inclinado para diminuir a velocidade do movimento e, conseqüentemente, possibilitar a obtenção de medidas mais precisas. Para estudarmos esse tipo de movimento, nesta atividade, utilizamos uma bolinha partindo do repouso descendo um plano inclinado e, como instrumento de medida, um sensor sonar posicionado no ponto de partida da bolinha acoplado a uma placa

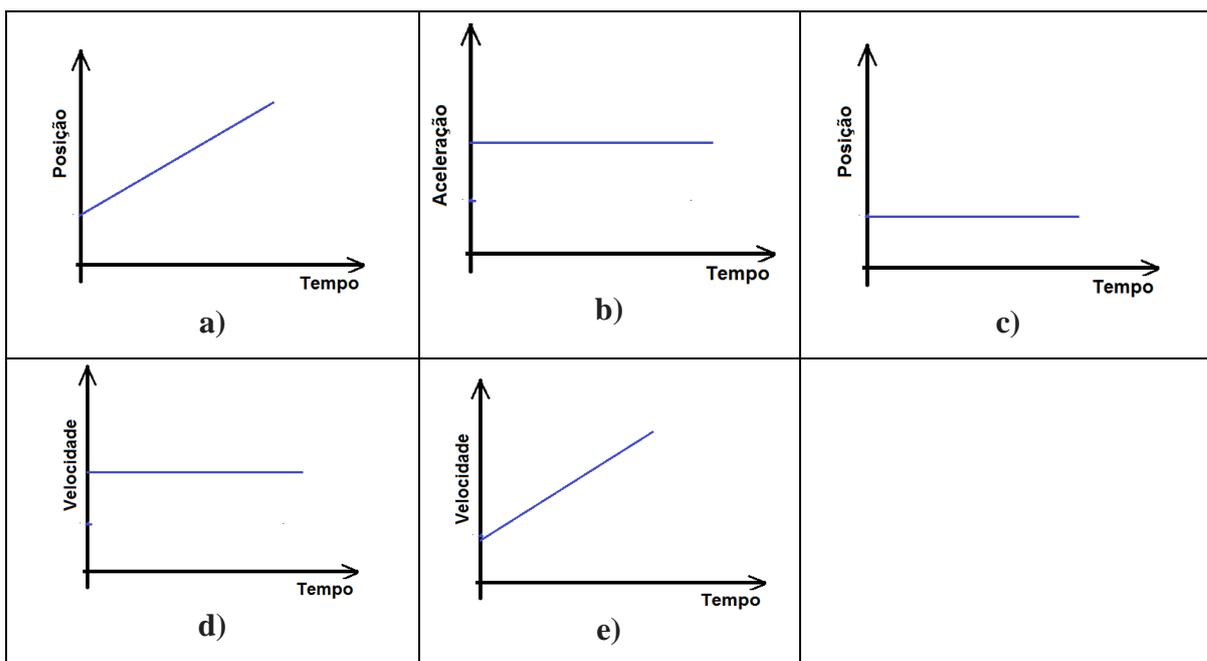
micro processada conectada a um computador (Figura 1). Assim como Galileu, no século XVII nosso objetivo foi o estudo da velocidade e da aceleração. Embora os instrumentos de medida na época de Galileu fossem rudimentares, ele conseguiu alcançar resultados importantes para o estudo da cinemática. Uma das conclusões de Galileu, comprovada por nós nesta atividade, foi de que ao soltarmos uma bolinha na parte mais alto do trilho a velocidade _____ (aumenta/diminui) gradativamente devido a existência uma aceleração que, neste tipo de movimento, _____ (permanece constante/diminui/aumenta) durante todo o trajeto. Também observamos que se aumentarmos o ângulo de inclinação a velocidade, no final do percurso, será sempre _____ (maior/menor). Isto levou-nos a concluir que se o trilho estiver na posição _____ (vertical/horizontal) teremos a _____ (maior/menor) velocidade final.

Figura 2 - Rampa com sensor sonar

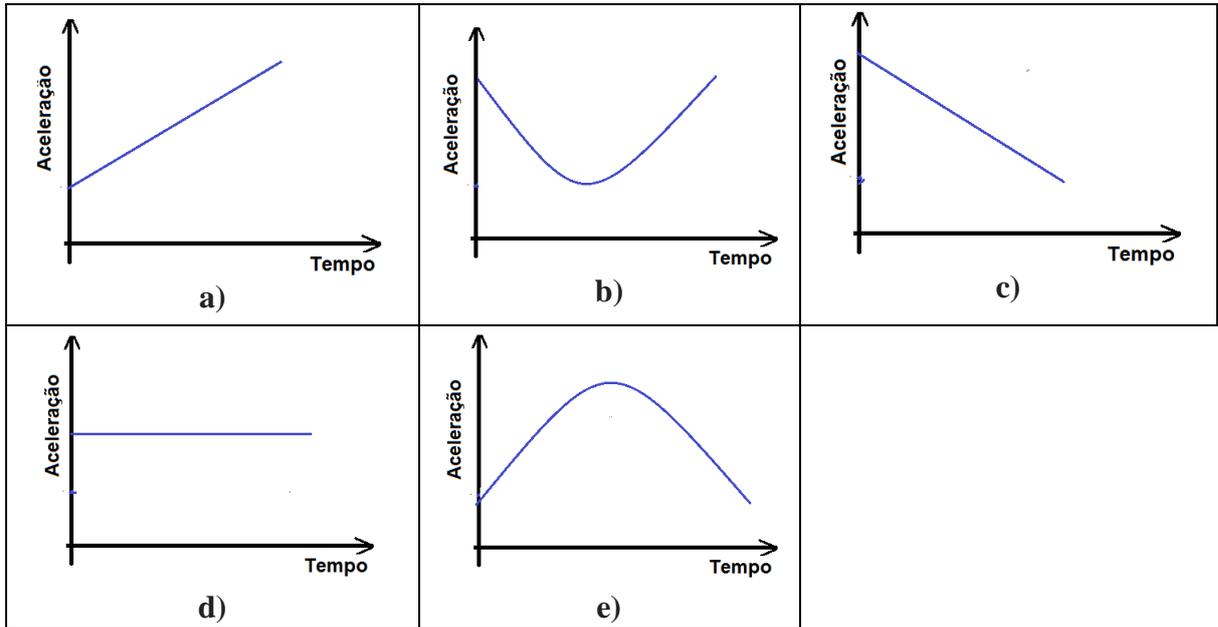


Fonte: Construção do autor

7. Qual dos gráficos representa um movimento com velocidade constante?



8. Qual opção abaixo representa um movimento com aceleração constante e diferente de zero?



9. Utilizando os gráficos de cada situação, calcule a aceleração média.

Situação 1			Inicial	Final	Final - Inicial
		Velocidade	v_o	v_f	$\Delta v = v_f - v_o$
		Tempo	t_o	t_f	$\Delta t = t_f - t_o$
		Cálculo da aceleração $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_o}{t_f - t_o} =$			

Situação 2			Inicial	Final	Final - Inicial
		Velocidade	v_o	v_f	$\Delta v = v_f - v_o$
		Tempo	t_o	t_f	$\Delta t = t_f - t_o$
		Cálculo da aceleração $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_o}{t_f - t_o} =$			

Situação 3			Inicial	Final	Final - Inicial
		Velocidade	v_o	v_f	$\Delta v = v_f - v_o$
		Tempo	t_o	t_f	$\Delta t = t_f - t_o$
		Cálculo da aceleração $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_o}{t_f - t_o} =$			

APÊNDICE C - Teste de conhecimento

Questões de número 32 a 39 foram retiradas do teste TUG-K (*Test of Understanding Graphs in Kinematics*) desenvolvido por Beichner (1994).

Prezado Estudante:

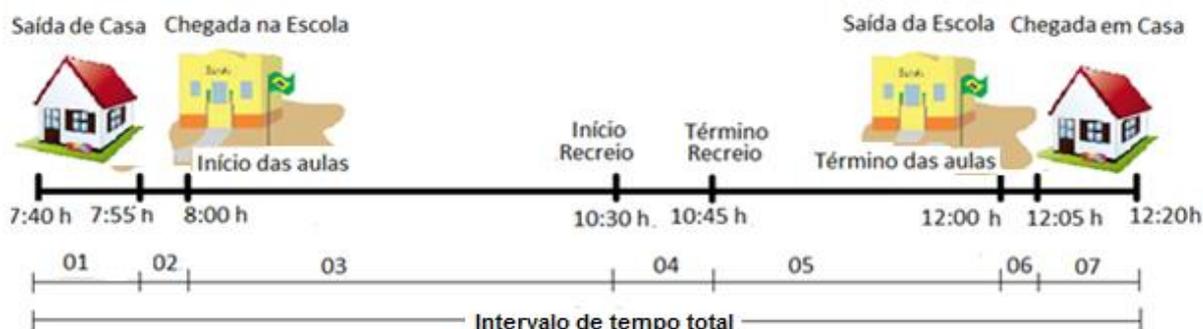
Solicitamos sua colaboração em responder este questionário que faz parte de uma pesquisa que tem por finalidade contribuir com a melhoria da qualidade do ensino de Ciências. Para isso formulamos uma série de perguntas para avaliar seu conhecimento a respeito de assuntos que iremos estudar. Responda com franqueza, lendo com atenção as questões e marcando a resposta apropriada com caneta azul ou preta. Não é necessário colocar o nome, somente o que é pedido no quadro abaixo.

Obrigado pela sua participação.
Prof. Reinaldo Silva Guimarães

Data:
Sexo: () Masculino / () Feminino
Idade:
Turma:

→ Leia o texto a seguir e responda as questões 1, 2 e 3.

Um aluno resolveu registrar sua rotina do turno da manhã em um dia de aula. Começou na ida para a escola e finalizou no retorno para casa ao final da manhã, registrando os horários em momentos que julgou importante. Também considerou que as distâncias percorridas sempre ocorreram com a mesma rapidez média. Após finalizar, numerou os intervalos de tempo de 01 a 07, indicando o horário de cada um deles. Representou, então, de acordo com seu entendimento, o resultado final da seguinte forma:



Fonte: Construção do autor

Baseado no esquema desenhado, pergunta-se:

- 1) Observando a duração dos intervalos de tempo 01 e 04, podemos afirmar que:
 - a) São os únicos iguais.
 - b) São os únicos diferentes.
 - c) O 01 é maior do que o 04.
 - d) O 04 é maior do que o 01.

e) São iguais ao 07.

2) Com relação à duração dos intervalos de tempo, é correto afirmar que:

- O 07 e o 01 são iguais ao 06.
- O 02 é igual ao 06, e o 01 é diferente do 07.
- O 06 e o 02 são os menores de todos, e o 01 e 07 são os maiores.
- O 01 e o 04 são iguais, e ambos são diferentes do 03.
- Os que mais duraram foram o 03 seguido do 07.

3) Considerando a duração dos intervalos de tempo, **não** é correto afirmar que:

- A soma de todos os intervalos de tempo resulta no intervalo de tempo total do registro.
- Existem intervalos de 15 minutos.
- O intervalo de chegada à escola até o início das aulas tem duração igual a outro intervalo.
- Existem intervalos maiores do que 1 hora.
- O intervalo do recreio foi o que menos durou.

4) Uma bolinha é solta a partir de um suporte em direção ao solo. Quatro fotos em instantes diferentes do movimento da bolinha foram tiradas. Marque abaixo a alternativa que colocaria as imagens na sequência de tempo correta.

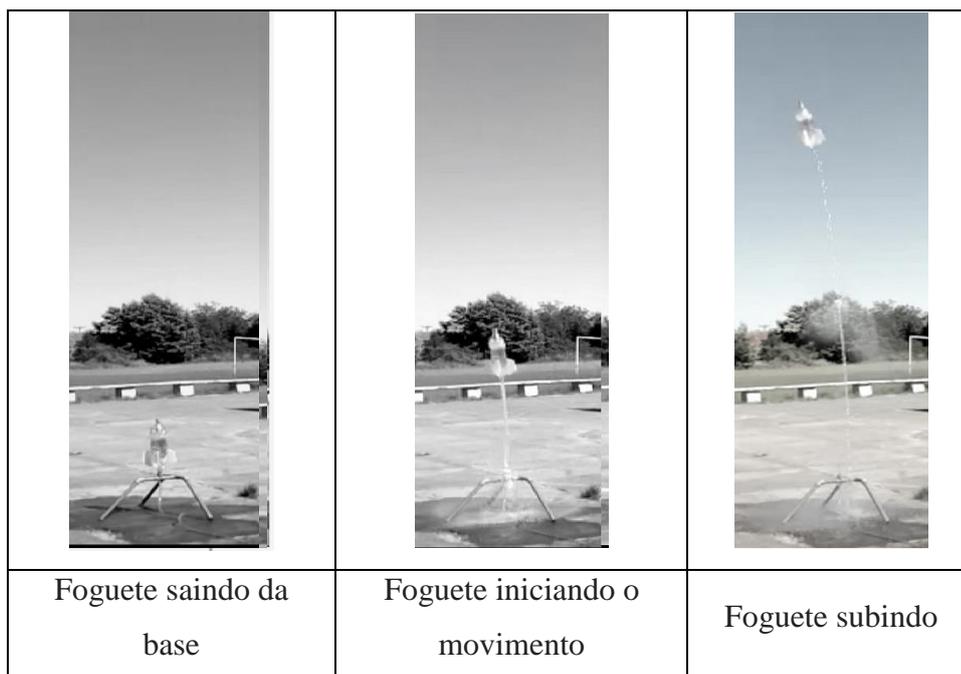


Fonte: Construção do autor

- Foto 01 – Foto 02 – Foto 03 – Foto 04.
- Foto 03 – Foto 01 – Foto 04 – Foto 02.
- Foto 03 – Foto 04 – Foto 01 – Foto 02.
- Foto 04 – Foto 01 – Foto 03 – Foto 02.
- Foto 02 – Foto 03 – Foto 01 – Foto 04.

- 5) Olhando para a sequência de fotos da questão anterior (lembrando que o movimento é de queda), em qual instante a bolinha apresenta maior velocidade?
- Foto 02.
 - Foto 01.
 - Foto 04.
 - Foto 03.
 - Para todos os instantes, todas as bolinhas têm igual velocidade.

Nossa escola mantém um programa, denominado PIBID, onde alunos da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) desenvolvem trabalhos pedagógicos nas áreas de Física e Química. Em 2013, o PIBID-Física organizou, e realizou uma competição de foguetes impulsionados por água, na qual participaram alunos do ensino médio e fundamental. De construção simples, estes foguetes alcançam distâncias relativamente grandes para o seu tamanho (alguns chegaram a mais de 50 metros, quando lançados em ângulo inclinado em relação ao solo). O movimento do foguete é resultante do aumento da pressão da água no seu interior, provocada por uma bomba de ar manual, que, ao injetar ar, faz com que a água ao atingir uma alta pressão, comece a ser expelida pela parte de baixo do foguete, fazendo com que ele seja projetado rapidamente para frente, a medida em libera a água do seu interior. Para registrar esse evento, foram obtidas diversas fotos e, após o final do campeonato, ao observar algumas das fotos, os alunos perceberam que a água que saía do foguete descrevia uma “linha” que mostrava o caminho percorrido pelo foguete durante o seu movimento (destacada abaixo, nas fotos do centro e da direita), permitindo observar as diversas posições do foguete durante o seu percurso.



Fonte: Construção do autor

- 6) Esta “linha” é denominada de:
- a) Corpo extenso.
 - b) Deslocamento.
 - c) Referencial.
 - d) Trajetória.
 - e) Movimento.

→ Leia o texto a seguir e responda as questões 7, 8 e 9.

Pedro necessitou viajar de veículo próprio a Porto Alegre. Como ele deveria estar às 14 horas na capital, consultou a internet para obter informações sobre a viagem. Verificou que o tempo de viagem seria de 4 h e 52 minutos (que ele arredondou para 5 h) e que a capital está a 377 km de Bagé (que ele arredondou para 400 km).

- 7) Qual é a velocidade escalar média, ou rapidez média, que Pedro deverá manter o seu carro para atender o compromisso na hora planejada, se utilizados os valores arredondados?
- a) 80 km/h.
 - b) 100 km/h.
 - c) 75 km/h.
 - d) 50 km/h.
 - e) 60 km/h.
- 8) Após finalizar seus compromissos em Porto Alegre, o viajante retornou para sua casa em Bagé, mesmo local do ponto de partida. Ao chegar verificou que havia rodado 854 km, isto é, duas vezes 377 km (ida e volta) acrescidos de 50 km em percursos efetuados dentro das duas cidades. Com base nessas informações, responda qual foi o deslocamento efetuado e total do espaço percorrido?
- a) 854 km; 854 km.
 - b) 0 km; 854 km.
 - c) 804 km; 50 km.
 - d) 377 km; 754 km.
 - e) 0 km; 377 km.
- 9) Devido ao tráfego, o motorista durante a viagem percebeu que não estava conseguindo desenvolver, na maior parte de seu percurso, a velocidade escalar média planejada. Para compensar o atraso, ele foi obrigado a acelerar o carro acima do que havia calculado, observando, em alguns instantes, velocidades de até 120 km/h no velocímetro de seu carro. A velocidade observada pelo motorista durante a sua viagem, ao olhar o velocímetro de seu carro, é associada a:
- a) Velocidade escalar média.
 - b) Velocidade mínima.

- c) Velocidade observada.
- d) Velocidade do velocímetro.
- e) Velocidade instantânea.

→ Leia o texto a seguir e responda as questões 10 e 11.

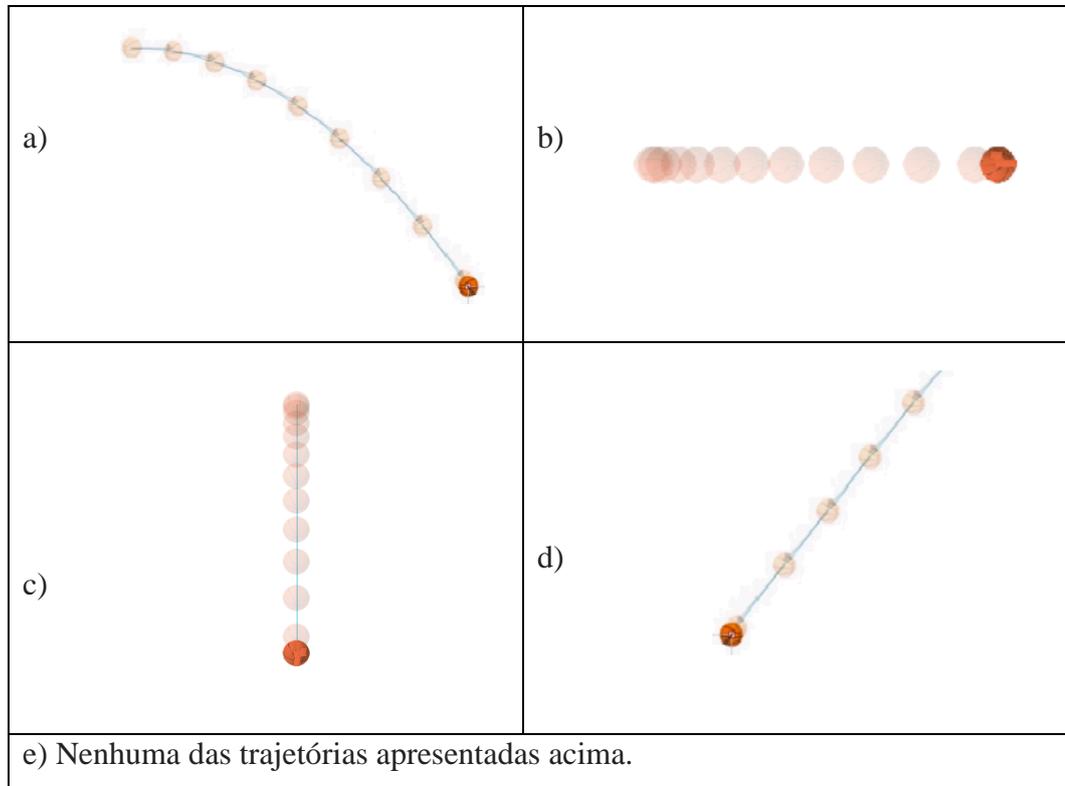
Você está parado na calçada esperando para tomar um ônibus e, para passar o tempo, observa os movimentos que acontecem a sua volta. Outro ônibus, que não é aquele que você espera, passa bem na sua frente se deslocando em linha reta e com velocidade constante quando, nesse instante, você vê uma criança que está sentada dentro do ônibus soltar, sem arremessar, uma bolinha pela janela do ônibus.

- 10) A trajetória da bolinha, observada pela criança que está sentada no ônibus, é mais bem representada por:

a) 	b) 
c) 	d) 
e) Nenhuma das trajetórias apresentadas acima.	

Fonte: Construção do autor

11) A trajetória da bolinha, observada por você que está parado (a) na calçada, é melhor representada por:



Fonte: Construção do autor

→ Leia o texto a seguir e responda as questões 12, 13, 14 e 15.

O jornal “O Estadão” publicou em 2013, na Internet, a notícia de que os japoneses testaram um novo trem-bala que atingiu uma velocidade de 500 km/h.

Um aluno, para estudar o movimento desse trem, considerou o trem percorrendo, em linha reta, a distância de 1000 km entre duas estações de trens em cidades diferentes. Também considerou que o trem manteve em todo o percurso a velocidade de 500 km/h e que, ao passar pela primeira estação, o trem já estava com esta velocidade. Usando essas informações, responda as questões indicadas acima.



Fonte: O Estadão . Disponível em: <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,trem-bala-em-testes-no-japao-podera-correr-ate-500-quilometros-por-hora,156118e>, acesso em: 10-jun-2014.

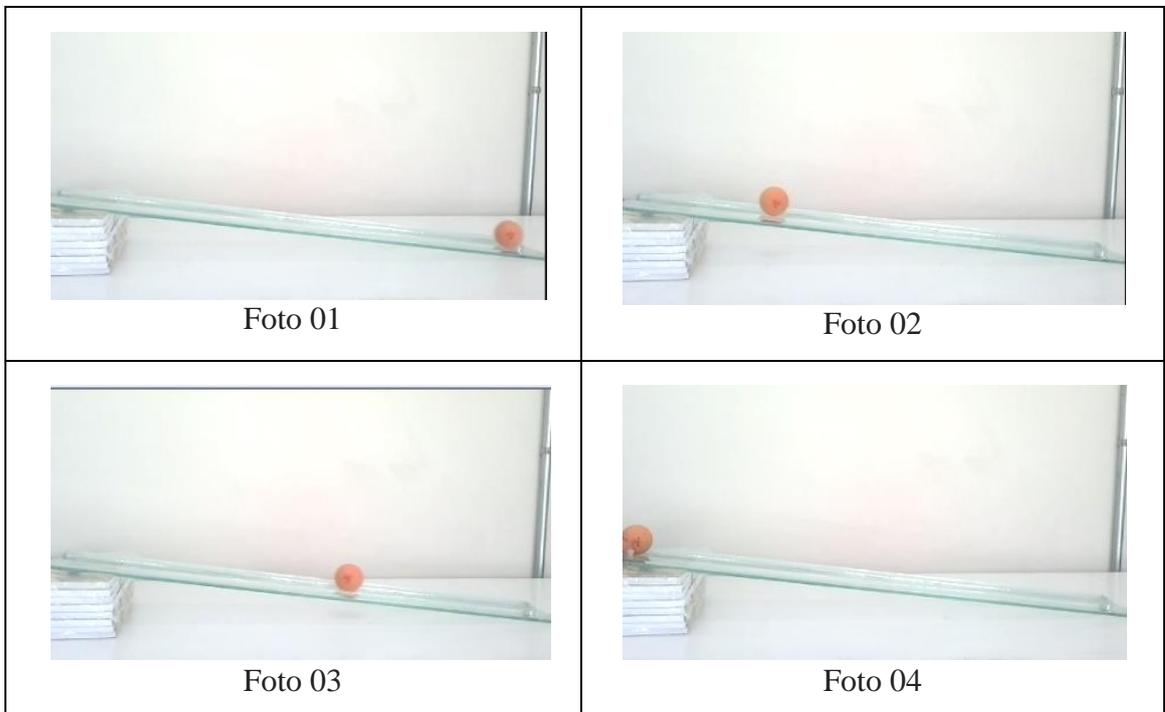
12) O movimento estudado pelo aluno é caracterizado por:

- Velocidade variável e em linha reta.
- Velocidade variável e aceleração constante.
- Em linha reta, velocidade constante e aceleração nula.
- Velocidade constante e aceleração constante.

- e) Em linha reta, velocidade variável e aceleração nula.
- 13) A primeira estação que o aluno tomou como origem para o estudo do movimento do trem pode ser denominada fisicamente de:
- a) Estação.
 - b) Deslocamento.
 - c) Trajetória.
 - d) Corpo.
 - e) Referencial.
- 14) O tempo que o trem levará para percorrer metade do percurso entre as duas estações é de:
- a) 4 horas.
 - b) 3 horas.
 - c) 2 horas.
 - d) 1 hora.
 - e) 5 horas.
- 15) Qual gráfico melhor representa o movimento do trem, durante todo seu percurso, em horas?

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 
<p>c)</p> 	<p>d)</p> 
<p>c) Nenhum dos gráficos apresentados acima.</p>	

16) Uma bolinha é solta em uma rampa na sua parte mais alta e se movimenta em direção a parte mais baixa. Quatro fotos foram obtidas em momentos diferentes. Marque a alternativa que colocaria as imagens na sequência de tempo correta.



Fonte: Construção do autor

- a) Foto 01 – Foto 02 – Foto 03 – Foto 04.
- b) Foto 03 – Foto 04 – Foto 01 – Foto 02.
- c) Foto 04 – Foto 01 – Foto 03 – Foto 02.
- d) Foto 04 – Foto 02 – Foto 03 – Foto 01.

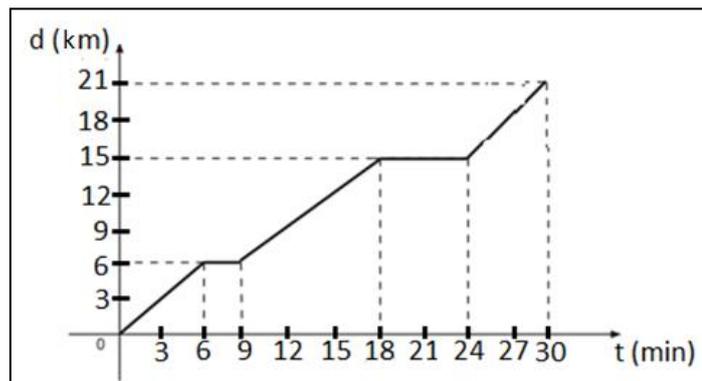
e) Foto 02 – Foto 03 – Foto 01 – Foto 04.

17) Olhando para a sequência de fotos da questão anterior, e lembrando que o movimento é da parte mais alta da rampa para a mais baixa, em qual delas a bolinha apresenta maior velocidade.

- Foto 01.
- Foto 02.
- Foto 03.
- Foto 04.
- Para todos os instantes, toda a bolinha tem igual velocidade.

→ Leia o texto a seguir e responda as questões 18, 19, 20 e 21.

Para medir seu desempenho em uma corrida um ciclista resolveu construir um gráfico da distância percorrida (em quilômetros) em função do tempo (em minutos). Utilizou, para isso, um cronômetro, para medir o tempo, e um odômetro, para medir a distância. Usando o gráfico abaixo, obtido pelo ciclista, responda às questões indicadas.



Fonte: Construção do autor

18) A extensão da corrida foi de:

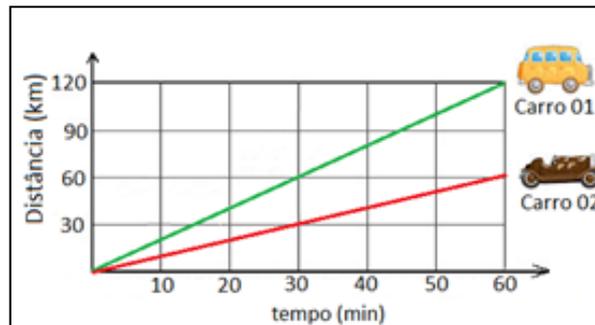
- 15 km.
- 14 km.
- 21 km.
- 18 km.
- 40 km.

19) O tempo total da corrida foi de:

- 1 hora e 30 minutos.
- 10 min.
- 600 segundos.
- 1 hora.
- $\frac{1}{2}$ hora.

- 20) Quantas vezes o ciclista parou durante corrida?
- 4 vezes.
 - Nenhuma vez.
 - 1 vez.
 - 3 vezes.
 - 2 vezes.
- 21) Para medir seu desempenho, o ciclista calculou a sua rapidez média, ou velocidade escalar média. O valor encontrado por ele foi de:
- 42 km/h.
 - 30 km/h.
 - 15 km/h.
 - 24 km/h.
 - 21 km/h.

Para comparar o movimento de dois carros, um estudante criou um gráfico no qual relacionou a distância percorrida em km pelo tempo cronometrado em minutos. Responda as questões **22, 23 e 24**, utilizando as informações do gráfico:



Fonte: Construção do autor

- 22) Com relação à velocidade escalar média dos carros, é correto afirmar que:
- É a mesma para ambos os carros durante toda corrida.
 - É maior para o carro 01 do que para o carro 02.
 - É maior para o carro 02 do que para o carro 01.
 - É a mesma para ambos os carros somente nos primeiros 10 minutos.
 - Somente na metade do tempo cronometrado a velocidade do carro 01 é o dobro da velocidade do carro 02.
- 23) A distância percorrida pelo carro 02, 30 minutos após o início do movimento foi de:
- 0 km.
 - 30 km.
 - 90 km.
 - 60 km.
 - 120 km.

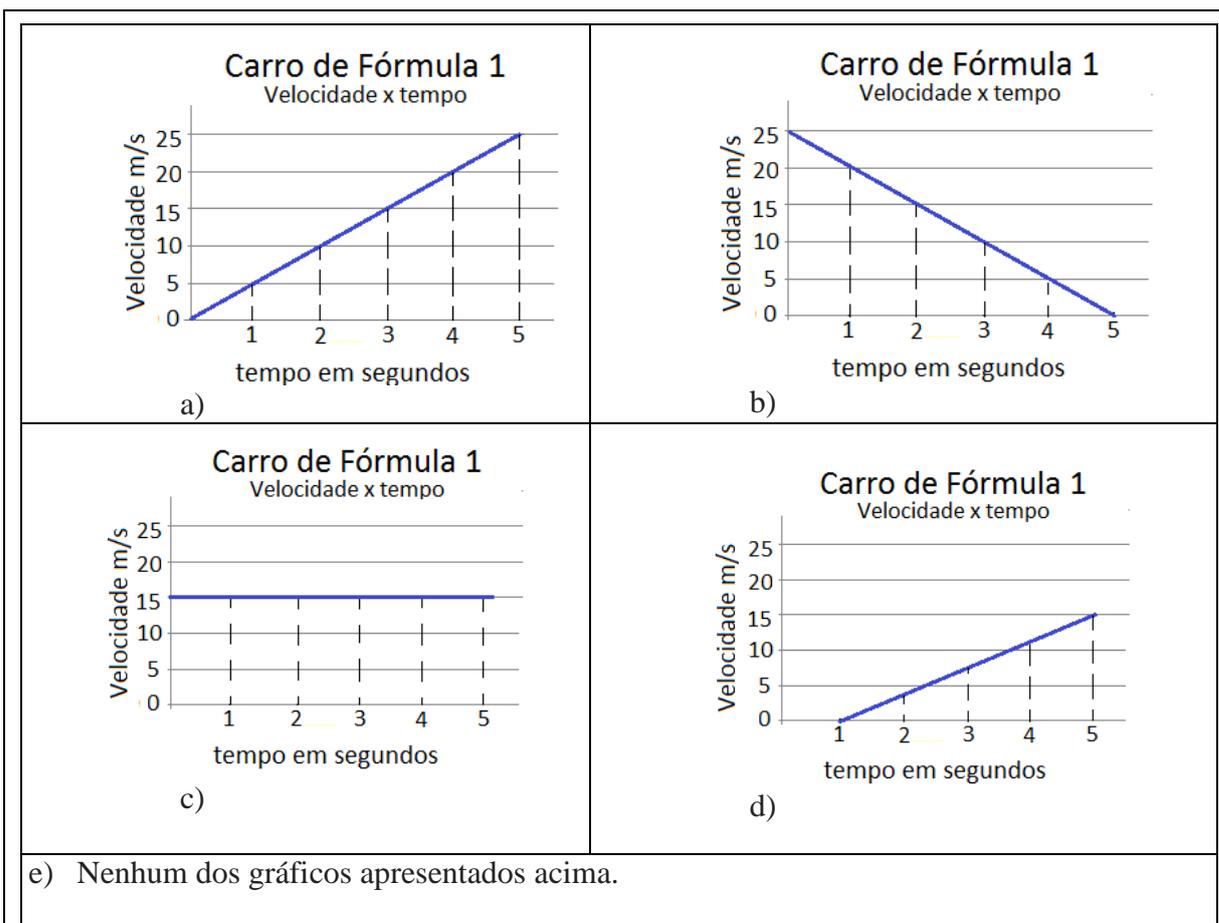
- 24) A velocidade escalar média desenvolvida pelo carro 01 em km/h, durante o movimento foi de:
- a) 90 km/h.
 - b) 60 km/h.
 - c) 100 km/h.
 - d) 120 km/h.
 - e) 70 km/h.

Leia o texto a seguir e responda as questões 25, 26, 27 e 28.

Os valores da velocidade instantânea de um carro de Fórmula 1, em m/s (metros por segundo), foram registrados em intervalos de 1 segundo, durante 5 segundos, a partir da largada de uma competição em um trecho de pista reta. Os dados obtidos resultaram em valores crescentes de velocidade instantânea, diferentes a cada segundo, e foram organizados na tabela a seguir,

Tempo(s)	Velocidade instantânea (m/s)
0	0
1	5
2	10
3	15
4	20
5	25

- 25) O movimento descrito pelo carro de Fórmula 1 apresentado na tabela é caracterizado por:
- a) Velocidade variável e aceleração variável.
 - b) Velocidade constante, sem aceleração.
 - c) Velocidade variável e aceleração constante.
 - d) Aceleração constante e velocidade constante.
 - e) Velocidade variável, sem aceleração.
- 26) Comparando as diferentes velocidades instantâneas observadas, é correto afirmar que:
- a) A velocidade aumentou 10 m/s a cada 5 segundos.
 - b) A velocidade inicial foi de 5 m/s e a velocidade final foi de 25 m/s.
 - c) Entre 0 e 3 segundos, a velocidade variou de 10 m/s.
 - d) A velocidade aumentou 5 m/s a cada segundo.
 - e) Não houve aceleração no intervalo entre 0 e 5 segundos.
- 27) O gráfico que melhor representa os dados da tabela é:



Fonte: Construção do autor

28) Na tabela apresentada para a velocidade instantânea do carro de Fórmula 1, podemos observar uma uniformidade na variação da velocidade quando consideramos os intervalos de tempo observados. Essa “regularidade” permite-nos saber, por exemplo, que a velocidade do carro de Fórmula 1 será de 30 m/s quando o tempo for de 6 segundos. Porém, se necessitarmos saber a velocidade instantânea para tomadas de tempo maiores (mantendo o carro de Fórmula 1 sempre com as mesmas características do movimento), o cálculo se tornará mais demorado. Nessas situações, procuramos elaborar uma equação matemática que possibilite a obtenção da velocidade para uma medida qualquer de tempo.

Das alternativas abaixo, onde “v” representa a velocidade instantânea (em m/s), e “t” o tempo (em segundos), qual equação descreveria precisamente o movimento do carro de Fórmula 1, possibilitando, desta forma, o cálculo da velocidade em qualquer instante de tempo “t”?

- a) $v=t$
- b) $v=2t$
- c) $v=3t$
- d) $v=4t$
- e) $v=5t$

Leia o texto a seguir e responda as questões 29 e 30.

Em 2012 o austríaco Felix Baumgartner tornou-se a primeira pessoa a superar a velocidade do som em queda livre, ao saltar de uma altura de aproximadamente 39.000 metros de uma

capsula levada por um balão. Após o início do salto, Félix percorreu 36,5km em 6 minutos, antes de abrir o paraquedas. Nesse período alcançou a velocidade média de 373m/s, superando a velocidade do som que é de 340m/s. Felix bateu vários outros recordes, como o mais alto salto de todos os tempos, bem como o mais alto pulo de paraquedas.

(Fonte: G1 Mundo. <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2012/10/austriaco-salta-da-estratosfera-39-mil-metros-de-altura.html>. Acesso: 20 jun. 2014).

29) O movimento executado por Felix, antes de abrir o paraquedas, pode ser representado pelo modelo de “queda livre”. Uma das características desse movimento é a ação da aceleração da gravidade que, no âmbito na cinemática, podemos considerar como:

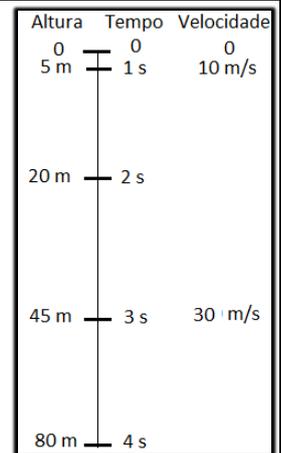
- a) Decrescente.
- b) Crescente.
- c) Constante.
- d) Igual a velocidade média.
- e) Zero.

30) Em movimento de queda livre, sob a ação da aceleração da gravidade, a velocidade desenvolvida por Félix foi:

- a) Constante.
- b) Variável e crescente.
- c) Variável e decrescente.
- d) Nula.
- e) Igual a aceleração da gravidade.

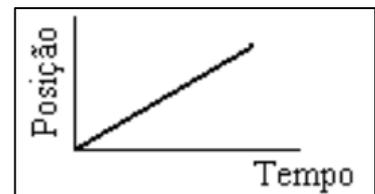
31) O desenho ao lado representa as sucessivas velocidades instantâneas alcançadas por um objeto, em queda livre, abandonado a uma altura de 80 metros do solo. Nele somente constam duas leituras de velocidade instantâneas: para o tempo de 1 segundo (10 m/s) e de 3 segundos (30m/s). Baseado nesses dados, e no tipo de movimento, qual será a velocidade do objeto no instante em que este chega ao solo?

- a) 35 m/s.
- b) 40 m/s.
- c) 50 m/s.
- d) 55 m/s.
- e) 60 m/s.



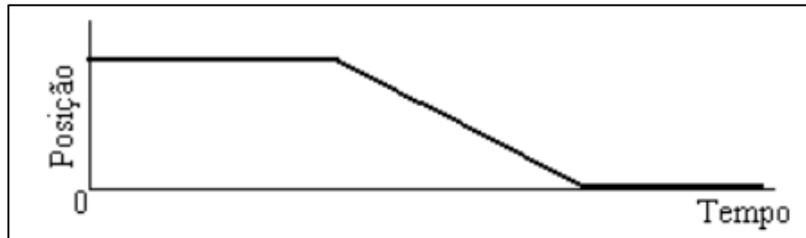
32) O gráfico à direita representa o movimento de um objeto. Qual das sentenças é a melhor interpretação desse movimento?

- a) O objeto está se movendo com aceleração constante e diferente de zero.
- b) O objeto não se move.



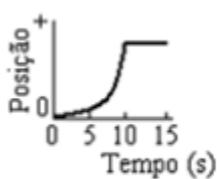
- c) O objeto está se movendo com uma velocidade que aumenta uniformemente.
 d) O objeto está se movendo com velocidade constante.
 e) O objeto está se movendo com uma aceleração que aumenta uniformemente.

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

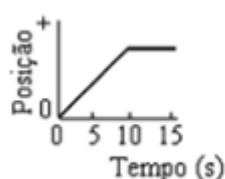


- a) O objeto rola ao longo de uma superfície plana. Então, ele desce um plano inclinado e finalmente para.
 b) O objeto inicialmente não se move. Então, ele desce um plano inclinado e finalmente para.
 c) O objeto está se movendo com velocidade constante. Então, ele diminui sua velocidade e para.
 d) O objeto inicialmente não se move. Então, ele se move e finalmente para.
 e) O objeto se move ao longo de uma área plana, movendo-se para trás na descida de um plano inclinado, e então, continua se movendo.

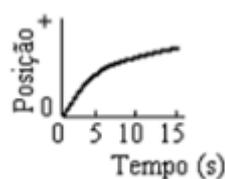
34) Um objeto parte do repouso e movimenta-se por 10 segundos com uma aceleração positiva constante. Ele continua, então, com velocidade constante. Qual dos seguintes gráficos descreve corretamente esta situação?



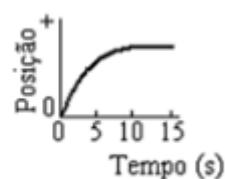
a)



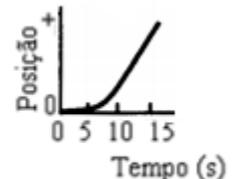
b)



c)

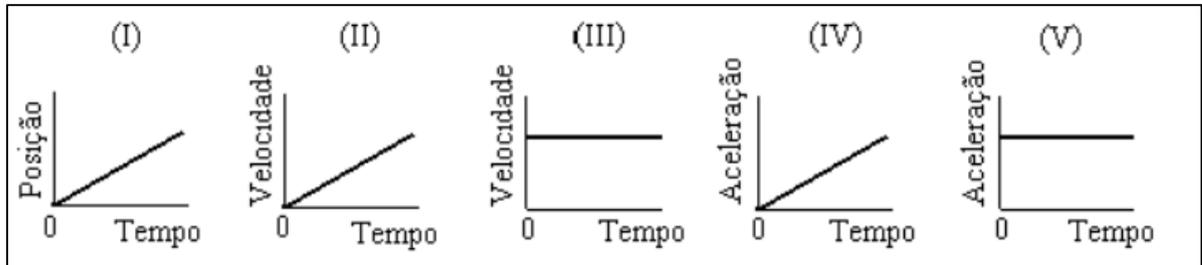


d)



e)

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

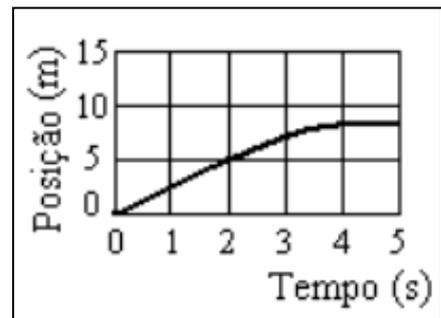


Qual(is) destes gráficos representa(m) um movimento com velocidade constante?

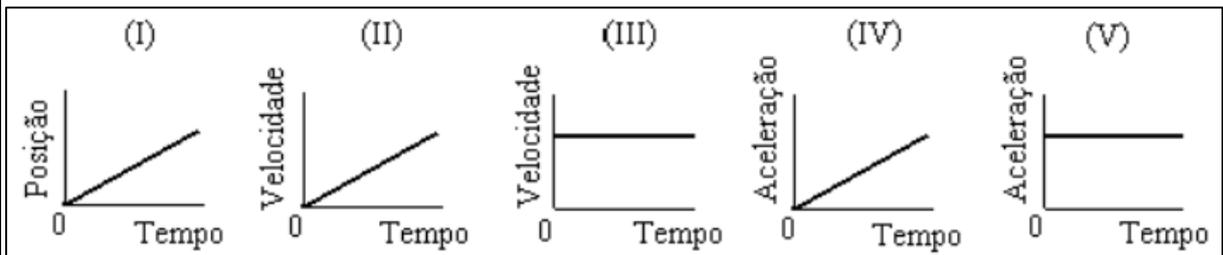
- I, II e IV.
- I e III.
- II e V.
- Somente IV.
- Somente V.

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

- 0,4 m/s.
- 2,0 m/s.
- 2,5 m/s.
- 5,0 m/s.
- 10,0 m/s.



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

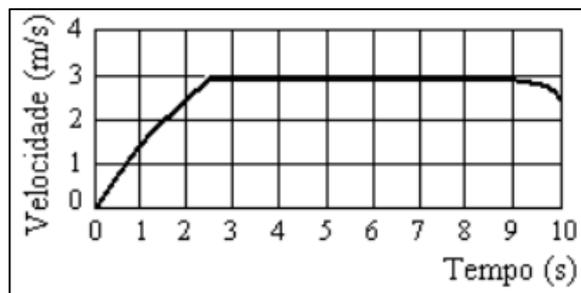


Qual(is) deles representa(m) um movimento com aceleração constante diferente de zero?

- I, II e IV
- I e III
- II e V
- Somente IV
- Somente V

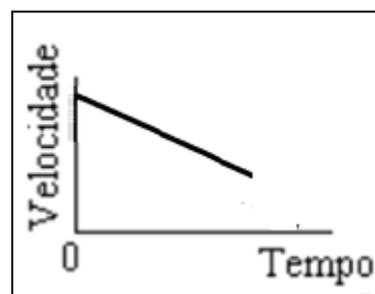
38) Um objeto se move de acordo com o gráfico ao lado. Qual é o seu deslocamento entre $t = 4\text{s}$ e $t = 8\text{s}$?

- a) 0,75 m
- b) 3,00 m
- c) 4,00 m
- d) 8,00 m
- e) 12,00 m



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

- a) O objeto se move com uma aceleração constante.
- b) O objeto se move com uma aceleração que diminui uniformemente.
- c) O objeto se move com uma velocidade que aumenta uniformemente.
- d) O objeto se move com velocidade constante.
- e) O objeto não se move.



APÊNDICE D - Questionário opinário

Prezado estudante,

Leia com atenção as instruções abaixo antes de responder o questionário.

Instruções

- 1- Utilize caneta preta ou azul para preencher o questionário.
- 2- Não coloque seu nome ou qualquer tipo de identificação no questionário.
- 3- Não deixe de marcar, ou preencher, as identificações de data, sexo, idade e turma.
- 4- Preencha as questões com sinceridade. Não há respostas certas ou erradas.

Obrigado pela sua participação.

Prof. Reinaldo Silva Guimarães

Data:
Sexo: () Masculino / () Feminino
Idade:
Turma:

1. O que mais chamou sua atenção nas aulas de Física?

--

2. O que você não gostou nas aulas de Física com os experimentos?

--

3. O que estava difícil nas aulas de Física com os experimentos?

--

4. O que ficou fácil nas aulas de Física com os experimentos?

--

5. O que estava difícil nos guias de atividade?

--

6. O que você recomendaria ao seu professor para tornar melhor estas aulas?

7. Escreva abaixo sua opinião sobre a Atividade I.

8. Escreva abaixo sua opinião sobre a Atividade II.

APÊNDICE E – Termo de consentimento livre e esclarecido**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
PARA PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA****Prezados Pais ou Responsáveis,**

Eu, Reinaldo Silva Guimarães, professor do Colégio Estadual Professor Waldemar Amoretty Machado, estou enviando este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para solicitar sua autorização no que se refere à participação de seu(sua) filho(a) na pesquisa que realizo chamada “*Desenvolvimento e Avaliação de uma Sequência de Ensino de Cinemática Introdutória Baseada em Princípios da Engenharia Didática com Apoio de um Sistema de Aquisição Automática de Dados*”.

Esta pesquisa se realizará nos meses de março a junho de 2015 no Colégio Estadual Professor Waldemar Amoretty Machado, na cidade de Bagé, RS, e é vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa (PPGEC/UNIPAMPA). O objetivo geral deste estudo é o planejamento, o desenvolvimento e a avaliação de uma sequência didática para o ensino e a aprendizagem de conceitos introdutórios de Física no ensino fundamental, cuja finalidade é contribuir para a melhoria da qualidade do ensino e da aprendizagem de Ciências na Educação Básica. Este trabalho é realizado sob orientação da Profa. Vania Elisabeth Barlette, docente da UNIPAMPA.

Todo o processo será registrado, do início ao final da pesquisa, por meio de registros escritos nos guias de atividades dos alunos, testes e questionários, e por registros orais e vídeo-filmados de episódios da sala de aula. Esses registros são parte instrumental deste estudo e tem finalidade apenas de cunho acadêmico e educativo, e não outro fim, enfatizando que a participação do seu(sua) filho(a) implica na utilização das informações fornecidas nesses registros unicamente com esta finalidade.

Neste estudo, não são previstos riscos físicos ou psicológicos. Vale lembrar que seu(sua) filho(a) pode desistir de participar do estudo a qualquer momento, sendo que a desistência não irá acarretar qualquer prejuízo a ele(a). Ressalto que a participação na pesquisa é voluntária; portanto, caso seu(sua) filho(a) não queira tomar parte no estudo, o Sr.(a) não deve assinar este Termo de Consentimento. Ressalta-se, também, que esta pesquisa não é remunerada, e portanto, não caberá nenhum tipo de remuneração ao seu(sua) filho(a) em razão desta pesquisa.

Os resultados desta pesquisa serão divulgados, posteriormente, em eventos científicos, em livros ou revistas técnicas ou científicas. Além disso, um relatório de pesquisa sobre o estudo será realizado por mim, na qualidade de professor-pesquisador. Como é usual em pesquisas deste tipo, o nome da Escola e dos participantes serão mantidos em total sigilo, ou seja, não serão mencionados nomes em relatórios ou artigos, ou qualquer outro tipo de trabalho acadêmico, técnico ou científico que possam vir a ser publicados. Cabe-lhe, também, o direito de fazer perguntas sobre a pesquisa e de conhecer os resultados dela.

Local e Data: Bagé, 10 de março de 2015

Nome do Professor-Pesquisador Responsável: Reinaldo Silva Guimarães

Assinatura do Professor-Pesquisador Responsável:

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Pelo presente Termo de Consentimento, eu, _____
declaro que fui informado dos objetivos do estudo e autorizo meu(minha) filho(a) a participar
do mesmo.

Local e Data: _____, _____ de _____ de 2015

Assinatura do Pai, Mãe ou Responsável pelo Participante:

Assinatura do Aluno Participante:

APÊNDICE F - Termo de anuência para realização da pesquisa

CARTA DE ANUÊNCIA PARA AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA

Ilma. Sra. Profa. Eunice Dias Vaguetti
 Diretora do Colégio Estadual Professor Waldemar Amoretty Machado
 Rua Senador Alberto Pasqualini 651, Bairro Santa Flora, Bagé, RS

Prezada Diretora,

Eu, Reinaldo Silva Guimarães, docente desta Instituição, solicito autorização institucional para desenvolvimento de minha pesquisa acadêmica intitulada “**Desenvolvimento e Avaliação de uma Sequência de Ensino de Cinemática Introdutória Baseada em Princípios da Engenharia Didática com Apoio de um Sistema de Aquisição Automática de Dados**”, a ser realizada, durante o 1º semestre letivo de 2015, nas turmas 91 e 92 do ensino fundamental e turmas de 1º ano do ensino médio desta Instituição.

A pesquisa é vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), é orientada pelos professores Vania E. Barlette e Paulo H. Guadagnini, docentes da UNIPAMPA, e tem como objetivo geral o desenvolvimento e a avaliação de uma sequência didática inovadora para o ensino fundamental, necessitando que sejam ministradas aulas de Ciências nas turmas acima citadas. Para esta pesquisa, será convidada a Profa. Gisele Machado Brites Rodrigues, ministrante da turma 91 do 9º ano do ensino fundamental.

Para a pesquisa, serão utilizados como instrumentos de coleta de dados minhas observações escritas como professor ministrante da turma, questionários, testes de conhecimentos, guias de atividades para o desenvolvimento das aulas e filmagens de episódios de ensino.

Os alunos de ambas as turmas serão convidados oralmente por mim para participar da pesquisa. Somente participarão dos encontros os alunos que tenham assinado, ou seus responsáveis, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Ressalto que os dados coletados serão mantidos em absoluto sigilo de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS) 466/12 que trata da Pesquisa envolvendo seres humanos. Saliento, ainda, que tais dados serão utilizados tão somente para fins acadêmicos e que as publicações resultantes manterão em sigilo o nome desta Instituição e de seus participantes, bem como de imagens que identifiquem os participantes durante as aulas.

Afirmo que não haverá qualquer implicação negativa aos participantes que não queiram ou desistam de participar do estudo.

Na certeza de contar com a colaboração e empenho desta Diretoria, agradeço antecipadamente a atenção, ficando a disposição para quaisquer esclarecimentos.

Bagé, 02 de março de 2015

Prof. Reinaldo Silva Guimarães
 Pesquisador Responsável pelo Projeto

Concordamos com a solicitação

Não concordamos com a solicitação

Prof. Eunice Dias Vaguetti
 Diretora do Colégio Estadual Professor Waldemar Amoretty Machado

TERMO DE ANUÊNCIA

Eu, Eunice Dias Vaguetti, na função de diretora da Escola Estadual Professor Waldemar Amoretty Machado, autorizo a realização da pesquisa **“Desenvolvimento e Avaliação de uma Sequência de Ensino de Cinemática Introdutória Baseada em Princípios da Engenharia Didática com Apoio de um Sistema de Aquisição Automática de Dados”** a ser conduzida pelo Prof. Reinaldo Silva Guimarães nesta Instituição no 1º semestre letivo de 2015, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS) 466/12 que trata da Pesquisa envolvendo Seres Humanos.

Bagé, __ de _____ de 2015

Profa. Eunice Dias Vaguetti
Diretora da Escola Estadual Professor Waldemar Amoretty Machado

ANEXOS

ANEXO A - Teste de motivação para aprender de estudantes de ensino fundamental desenvolvido por Neves e Boruchovitch (2007)

Prezado estudante

Leia com atenção as instruções abaixo antes de responder o questionário.

Instruções

- 1- Utilize caneta preta ou azul para preencher o questionário.
- 2- Não coloque seu nome ou qualquer tipo de identificação no questionário.
- 3- Não deixe de marcar, ou preencher, todas as identificações de data, sexo, idade e turma.
- 4- Selecione as alternativas das questões com sinceridade, marcando como um X.
- 5- Não marque mais de uma alternativa para a mesma questão.

Obrigado pela sua participação.

Prof. Reinaldo Silva Guimarães

Avaliação diagnóstica sobre motivação para aprender

Data:
Sexo: () Masculino / () Feminino
Idade:
Turma:

Itens da Escala	Marque com "X" somente uma alternativa abaixo.		
	Sempre	Às vezes	Nunca
1. Eu estudo porque estudar é importante para mim.			
2. Eu estudo por medo dos meus pais brigarem comigo.			
3. Eu tenho vontade de conhecer e aprender assuntos novos.			
4. Eu faço os deveres de casa por obrigação.			
5. Eu gosto de estudar assuntos desafiantes.			
7. Eu gosto de estudar assuntos difíceis.			
8. Eu estudo porque meus pais prometem me dar presentes, se as minhas notas forem boas.			
9. Eu me esforço bastante nos trabalhos de casa, mesmo sabendo que não vão valer como nota.			
10. Eu estudo porque minha professora acha importante.			
11. Eu estudo mesmo sem os meus pais pedirem.			
12. Eu estudo porque fico preocupado(a) que as pessoas não me achem inteligente.			
13. Eu me esforço bastante nos trabalhos, em sala de aula, mesmo sabendo que não vai valer como nota.			
14. Eu estudo por medo dos meus pais me colocarem de castigo.			
15. Eu estudo porque estudar me dá prazer e alegria.			
16. Eu só estudo para não me sair mal na escola.			

Itens da Escala	Marque com “X” somente uma alternativa abaixo.		
	Sempre	Às vezes	Nunca
17. Eu fico tentando resolver uma tarefa, mesmo quando ela é difícil para mim.			
18. Eu estudo para os meus pais deixarem eu ir brincar com os meus amigos ou fazer as coisas que eu gosto.			
19. Eu prefiro aprender, na escola, assuntos que aumentem minhas habilidades ou meus conhecimentos.			
20. Eu só estudo para agradar meus professores.			
21. Eu faço minhas lições de casa, mesmo que meus pais não me peçam.			
23. Eu estudo porque gosto de ganhar novos conhecimentos.			
24. Eu estudo apenas aquilo que a professora avisa que vai cair na prova.			
25. Eu gosto de estudar.			
26. Eu só faço meus deveres de casa porque meus pais acham importante.			
27. Eu procuro saber mais sobre os assuntos que gosto, mesmo sem minha professora pedir.			
28. Eu só estudo porque quero tirar notas altas.			
29. Eu gosto de ir para a escola porque aprendo assuntos interessantes lá.			
30. Eu só estudo porque meus pais mandam.			
31. Eu estudo porque quero aprender cada vez mais.			
32. Eu estudo por obrigação.			
33. Eu fico interessado(a) quando a professora começa uma lição nova.			

ANEXO B - Código do programa computacional escrito na linguagem de programação do Arduino para uso do módulo sensor de movimento HC-SR04

```

/*
Sensor sonar de movimento com o módulo HC-SR04

Paulo Henrique Guadagnini - 10/2013
Reinaldo Guimaraes - 03/2015

*/

// Pino 13 com o LED ligado na própria placa Arduino
int led = 13;
// Pino 12 ligado no pino Trigger do sensor sonar
int sonar_trig = 12;
// Pino 10 ligado no pino Echo do sensor sonar
int sonar_echo = 10;

int i = 0;
float soma = 0.0;
// Número de medidas para o cálculo da distância média
int n = 32;

// Setup do Arduino
void setup() {

  // Pino com LED ligado como saída digital.
  pinMode(led, OUTPUT);

  // Pino de Trigger do sensor sonar
  pinMode(sonar_trig, OUTPUT);

  // Pino Echo do sensor sonar
  pinMode(sonar_echo, INPUT);

  // Inicializa a porta serial
  Serial.begin(19200);

  // Envia os comandos para reiniciar e ajustar o título da planilha PLX-DAQ
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("RESETTIMER");
  Serial.println("LABEL,Tempo(s),Distancia(m)");
}

// Loop infinito
void loop() {

  float distancia;
  float tempo_echo;
  float distancia_media;

```

```
// Tempo em ms desde a ligação do arduino
unsigned long time;

// Dispara o pulso de Trigger de 10us largura
digitalWrite(sonar_trig, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(sonar_trig, LOW);

// Retorna o tempo que o pino sonar_echo permanece alto (em microsegundos)
tempo_echo = 0;
tempo_echo = pulseIn(sonar_echo, HIGH);

// Determina o tempo desde o início do programa
time = millis();

// Calcula a distância entre o sensor e o alvo como
// distância = 0.5*(tempo_echo x 10^-6 s * 340 m/s)
distancia = 0.5*(tempo_echo * 1.0e-6 * 340.0);

if((distancia >= 3000.0) || (distancia == 0)) {
  // O sensor não encontrou o alvo e o resultado deve ser descartado
  // Sinalizar com o led da placa arduino
  digitalWrite(led, HIGH);
} else {

// Envia tempo em segundos e a distância em metros para a porta serial (Planilha PLX-DAQ)
Serial.print("DATA,");
Serial.print(time/1000);
Serial.print(",");
Serial.println(distancia);
digitalWrite(led, LOW);
}

// Aguarda 1000 ms antes de fazer uma nova leitura
delay(1000);
```