

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICAS
NÚCLEO PEDAGÓGICO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO – NPADC

**UM ENFOQUE SÓCIO-HISTÓRICO DO PROCESSO DE ENSINO E DE
APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA**

ODIFAX QUARESMA PUREZA

BELÉM – 2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICAS
NÚCLEO PEDAGÓGICO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO – NPADC

**UM ENFOQUE SÓCIO-HISTÓRICO DO PROCESSO DE ENSINO E DE
APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA**

ODIFAX QUARESMA PUREZA

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Colegiado do Curso de Mestrado em Educação em Ciências e Matemática, do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, do Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico da Universidade Federal do Pará, como requisito necessário para obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Marconi Fortes Magalhães.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICAS
NÚCLEO PEDAGÓGICO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO – NPADC

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

“Um enfoque Sócio-Histórico do processo de ensino e de aprendizagem do
conceito de Energia Mecânica”

Candidato: Odifax Quaresma Pureza

Data de defesa: 06 de maio de 2004

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luiz Marconi Fortes Magalhães – UFPA (Orientador)

Prof. Dr. José Moysés Alves – UFPA (Membro)

Prof^a. Dr^a. Andrea Horta Machado – UFMG (Membro)

Prof. Dr. Francisco Hermes Santos da Silva – UFPA (Suplente)

À minha esposa, Elizabeth Quaresma, meus filhos Samara, Dennis, Sônia e Heloisa, meus pais Domingos e Marquesa, demais membros da minha família e amigos, pela confiança e o incentivo que me proporcionaram no decorrer da construção deste estudo.

Agradecimentos especiais:

Ao Prof. Dr. Luiz Marconi Fortes Magalhães, meu orientador, pelo incentivo, apoio e dedicação demonstrado em todas as fases de elaboração deste estudo, meus sinceros agradecimentos e respeito.

Ao Prof. Dr. José Moysés Alves, pelo incentivo, leitura e críticas elaboradas no decorrer da construção deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Licurgo Peixoto de Brito pelas sugestões oferecidas para a construção do presente estudo.

Ao Prof. Dr. Jessé Carvalho Costa pela participação no exame de qualificação e sugestões apontadas.

Ao Prof. Dr. Francisco Hermes Santos da Silva pela leitura, críticas e sugestões elaboradas.

À Equipe de Física do Núcleo Pedagógico Integrado, em especial ao Prof. Dr. Cícero Teixeira Régis, pelo apoio oferecido.

À Coordenadora e Professores do Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico, pela demonstração de confiança e incentivo durante a realização deste estudo.

Ao sr. Edmilson Luz de Carvalho, pela colaboração prestada durante as filmagens em sala de aula.

Aos alunos e alunas da turma 101 do ensino médio (NPI – 2003), pela parceria, sem a qual, este estudo não se concretizaria.

Meu profundo respeito e agradecimentos.

“A educação autêntica não se faz de A para B sobre A, mas de A com B, mediatizados pelo mundo. Mundo que impressiona e desafia a uns e a outros, originando visões ou pontos de vista sobre ele.”

(Paulo Freire)

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
PARTE 1 – IDÉIAS PARA O CONSTRUCTO DA PROPOSTA	1
PARTE 2 – ELEMENTOS DA TEORIA SÓCIO-HISTÓRICA	8
2.1 – DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS.....	8
2.2 – MEDIAÇÃO.....	12
2.3 – O PROCESSO DE INTERNALIZAÇÃO.....	15
2.4 – ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL.....	18
2.5 – SIGNIFICADO E SENTIDO.....	20
PARTE 3 – O MÉTODO	22
3.1 – SUJEITOS E LOCAL DA PESQUISA	22
3.2 – CONTRIBUIÇÕES PARA ANÁLISE DOS PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM	22
3.3 – MATERIAL E PROCEDIMENTO DE ANÁLISE.....	26
PARTE 4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	30
4.1 – PRÉ-TESTE.....	30
4.2 – PÓS-TESTE.....	39
4.3 – PROCESSO DE ENSINO E DE APRENDIZAGEM.....	43
4.4 – ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS RESULTADOS DO PRÉ E PÓS- TESTES E O PROCESSO DE ENSINO E DE APRENDIZAGEM.....	65
PARTE 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
PARTE 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
PARTE 7 – ANEXOS	77
7.1 – PRÉ E PÓS-TESTES.....	78
7.2 – ATIVIDADE QUE ORIGINOU AS DISCUSSÕES POSTERIORMENTE TRANSCRITAS.....	82
7.3- TRANSCRIÇÃO DAS DISCUSSÕES OCORRIDAS COM OS GRUPOS.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Categorias de análise construídas a partir das respostas dos estudantes ao pré-teste.....	p. 32
Figura 2 - Distribuição da frequência quantitativa de estudantes, nas diversas categorias de pensamento, no pré-teste.....	p. 32
Figura 3 - Classificação da frequência de estudantes, de acordo com a forma de pensamento demonstrada, no pré-teste.....	p. 34
Figura 4 - Distribuição da frequência quantitativa dos estudantes, nas diversas categorias de pensamento, no pós-teste.....	p. 39
Figura 5 - Classificação da frequência de estudantes, de acordo com a forma de pensamento demonstrada, no pós-teste.....	p. 40
Figura 6 – Esquema representativo do plano inclinado na atividade que originou os episódios analisados.....	43
Figura 7 - Síntese dos aspectos chave do segmento 1 (ela não vai parar no ponto B?) do episódio 1.....	p. 45
Figura 8 - Síntese dos aspectos chave do segmento 1 (a esfera apresenta energia cinética na situação da questão 1?) do episódio 2.....	p. 48
Figura 9 - Síntese dos aspectos chaves do segmento 2 (é isso que vocês tem que analisar.) do episódio 2.....	p. 49
Figura 10 - Síntese dos aspectos chaves do segmento 1 (potência é energia?) do episódio 3.....	p.53
Figura 11 - Síntese dos aspectos chaves do segmento 2 (então, o que é potência?) do episódio 3.....	p. 55
Figura 12 - Síntese dos aspectos chave do segmento 3 (porque tem altura não pode ter energia cinética?) do episódio 3.....	p. 57
Figura 13 - Síntese dos aspectos chaves do segmento 4 (o que vai acontecer com a energia potencial gravitacional?) do episódio 3.....	p. 59
Figura 14 - Síntese dos aspectos chaves do segmento 1 (na busca de significados) do episódio 4.....	p. 62
Figura 15 - Síntese dos aspectos chave do segmento 2 (o que acontecerá com a energia potencial gravitacional?) do episódio 4.....	p. 64
Figura 16 - Pré e pós-testes.....	p. 78
Figura 17 - Atividade que originou as discussões transcritas e analisadas.....	p. 82

RESUMO

Este estudo procurou identificar nas explicações construídas nas interações em sala de aula, elementos que indicassem a forma pela qual os estudantes constroem o conceito de energia mecânica e suas formas, na ótica da Teoria Sócio-Histórica, observando também se o processo de ensino e de aprendizagem proporcionaram evolução nas idéias dos estudantes. As informações fornecidas pelos estudantes no pré-teste foram organizadas em categorias de pensamento e comparadas, posteriormente, com aquelas do pós-teste. O processo de ensino e de aprendizagem ocorreu nas aulas de Física de uma sala de 1ª série do ensino médio com 35 estudantes. A análise foi realizada através de uma aula gravada em fita vídeo-cassete, tendo como critério de seleção dos episódios a forma como cada grupo construiu, na interação com o professor, a resposta para a questão: em que tipo de energia, a energia mecânica associada à esfera no ponto A de um plano inclinado, se transforma ao chegar no ponto B do mesmo. Uma análise microgenética das interações e a produção de significados ocorridos em sala de aula foi avaliada, procurando-se evidenciar: as *intenções* do professor, o *conteúdo* do discurso, a *abordagem comunicativa*, os *padrões de interação* e as formas de *intervenções* do professor, de acordo com as categorias propostas por Mortimer e Scott (2002). Esta análise evidenciou a importância das interações na construção do conhecimento, em que o professor utilizou abordagens comunicativas do tipo interativa dialógica e interativa de autoridade. Os padrões de interações gerados foram, em alguns momentos, do tipo I – R – A, em outros momentos, do tipo I – R – F – R ..., ou ainda, do tipo I – R – P – R As intenções do professor durante as suas intervenções foram voltadas para explorar a visão e entendimento dos estudantes acerca de idéias ou fenômenos específicos, para introduzir ou desenvolver a história científica, para guiar e manter a narrativa dos estudantes rumo à construção desta história. As formas das intervenções pedagógicas do professor, variaram entre dar forma aos significados atribuídos pelos estudantes ou checar o seu entendimento acerca dos significados atribuídos em situações específicas, ou ainda, marcar significados-chaves, importantes para a construção da explicação que estava sendo buscada, bem como, rever o progresso da história científica. As interações entre o professor e os estudantes geraram um discurso no plano da sala de aula, cujo conteúdo propiciou que os estudantes construíssem, para a situação em questão, explicações dirigidas pela teoria, pois, tais explicações, ocorreram sempre apoiadas em um modelo teórico que dava sustentação às suas elaborações. Na comparação dos resultados do pré e pós-testes evidenciou-se que, dos vinte e nove (29) estudantes que participaram do pré e do pós-teste, vinte (20) demonstraram evolução na forma de

pensamento e apenas nove (09) permaneceram na mesma categoria em que foram classificados no pré-teste. Destes, um (01) estudante demonstrou no pré-teste, a forma de pensamento da categoria C5, que corresponde a um pensamento mais elaborado acerca do tema energia mecânica e suas formas.

Palavras-chave: Processo de Ensino e de Aprendizagem, Teoria Sócio-Histórica, Análise Microgenética, Ensino de Física.

ABSTRACT

I want, in this study, to identify, in the explanations built from the classroom interactions, elements that show the way the students build the mechanic energy's concept and its forms, in the social and historical theory's point of view, observing, if the teaching and learning process, provided an evolution of the student's ideas related to this topic. The answers provided by the students to the questions of a pretest were organized in categories and compared, after the teaching and learning process, with the answers provided in a post-test. Similar to the pretest, in order to identify, if there was or not, evolution of the ideas initially presented by the students. The teaching and learning process analysed, happened in a physics classroom from the 1st grade of the medium teaching, where participated a teacher and thirty-five students. Was selected to analysis, a class recorded on video cassette tapes and on a micro cassette tapes, where was used as a selection rule of the episodes, the way that each group built, in the interaction with the teacher, the answer to the following question: in which type of energy, the mechanic energy associated to the sphere in the point A of a sloping plain, would turn into when it arrive at the point B in the same plain. A microgenetic analysis of the interactions and production of meanings occurred in the classroom was made, where we try to make evident, the teacher's purpose, the discuss content, the communicative approach, the standard of interactions and the forms of the teacher's interventions, in accord with the categories suggested by Mortimer and Scott (2002). This Analysis made evident the importance of the interactions in knowledge build, where the teacher made use of a communicative approach interactive dialogic, but essentially, of a communicative approach interactive of authority. The standard of interactions made were, in some moments, of the type I – R – A, in another moments, of the type I – R – F – R ..., or still, of the type I – R – P – R The Teacher's Purposes during his interventions were sometimes in order to explore the Students's view and the understanding about specific ideas or phenomena, and sometimes to introduce or develop the scientific story, when making the scientific ideas available in the classroom social plan, or still, in order to guide and to keep the students's narrative in the way of this story's building. The teacher's pedagogic interventions forms, varied between give a shape to the meanings imputed by the students or to check their understanding about the meanings imputed in specific situations, or still, to mark key meanings, important to the building of the wanted explanation, as well as, to see the scientific story progress again. The interactions between the teacher and the students created a discuss in the classroom plan,

which content propitiate that the students could build, to the situation in question, explanations guided by theory, because, those explanations always happened supported by a theoretic model that gave them a sustentations to their elaborations. When comparing the pretest and the post-test results through the categories proposed in this study, it was made evident that, from the twelve-nine(29) students that took part in both, the pre and the post-test, twelve(20) showed an evolution in the thinking way and nine (9) kept themselves in the same category that they were classified by the pretest. From these, one (1) Already showed, by the pretest a way of thinking correspondent to the C5 category, which correspond to a more elaborated Thought about the mechanic energy topic and its forms, in a way that makes impossible to show in post-test na evolution in the way of thinking about this topic.

Key-Words: Teaching and Learning Process, Social and Historical Theory, Microgenetic Analysis, Physics Teaching.

PARTE 1 – IDÉIAS PARA O CONSTRUCTO DA PROPOSTA

Na aldeia global em que o nosso planeta se transformou em função do rápido desenvolvimento tecnológico experimentado na última década, principalmente pelos países mais ricos, a prática da comunicação nos países em desenvolvimento se tornou, mais do que nunca, essencial para o exercício da cidadania.

Se por um lado o desenvolvimento tecnológico pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida de uma parcela significativa da população mundial, por outro lado, pode contribuir, também, para criar uma série de problemas de ordem social e ambiental, segundo a forma pela qual esses avanços serão implementados.

Neste sentido, se torna oportuno, que os diversos segmentos da sociedade dos países ricos e pobres, sejam municiados do instrumental necessário, a fim de que possam participar das discussões que são postas em função do crescente avanço nas diversas áreas do conhecimento.

Deste modo, entre as várias linguagens em que essas comunicações podem acontecer, a científica merece uma atenção especial, haja vista o número cada vez maior de produção nesta área, o que leva para o grande público as mais diversas questões, como a nuclear, a clonagem, os transgênicos, a energética, entre outras. O avanço nas diversas áreas do conhecimento propiciaram, ainda, o aumento na quantidade e variedade de equipamentos eletrônicos postos à disposição de um número cada vez maior da população, o que requer que esta (além da parcela que de alguma forma é excluída desse processo), detenha o instrumental necessário para a tomada de posicionamento frente a estas questões.

Sendo a escola, entre os agentes sociais que participa da educação do cidadão, aquela cujo objetivo é disponibilizar para as novas gerações o conhecimento historicamente construído pela humanidade, cabe a ela proporcionar condições para que os educandos possam se posicionar frente a estas questões, propondo soluções e cobrando, a quem de direito, respeito no que se refere às questões sociais e ambientais que afligem a sociedade.

Neste cenário, na formação crítica e participativa deste cidadão, além de uma ética sólida, se faz necessária uma alfabetização científica, de modo que este venha a ter possibilidades de adquirir as ferramentas mínimas para poder posicionar-se frente às questões concretas que lhe são postas no seu dia-a-dia, ou, como diria Pietrocola (2001, p.16)

Isso define um contexto onde os saberes científicos procuram gerar alguma **autonomia**, possibilitando que o aprendiz tenha capacidade para **negociar** suas decisões, alguma capacidade de **comunicação** (encontrar maneira de dizer) e algum **domínio** e responsabilização em face de situações concretas (grifo do autor).

Para que a escola cumpra efetivamente o papel que atualmente lhe cabe na formação do cidadão, que participa e é capaz de tomar decisões coerentes no contexto que está inserido, se faz necessário, por exemplo, que além de garantir a possibilidade de acesso à educação, seja garantida, ainda, uma educação pública capaz de oferecer um ensino de qualidade, onde é preciso dar as condições necessárias para que o professor possa realizar, em nível de sala de aula, as mudanças necessárias para que o ensino cumpra a sua função na formação do cidadão que, no dizer de Demo (2001, p. 46): ser professor de educação básica, em particular do ensino fundamental, é profissão estratégica e, como tal, carece de ser valorizada.

Estas ações passam por uma política educacional voltada para a realidade do país, de modo a proporcionar investimentos na formação inicial e continuada de professores e corpo técnico administrativo das escolas públicas. Deve promover, ainda, um plano de carreira e salários que torne esta profissão valorizada, implemente construções ou adaptações dos espaços físicos das escolas de modo a se tornarem apropriados para o que fazer pedagógico. Busque as condições necessárias para garantir o acesso e a permanência de alunos na escola, o que deve ser complementado com um projeto político e pedagógico que proporcione uma ação pedagógica capaz de provocar o diálogo entre as diversas disciplinas que compõe o mapa curricular.

Sendo assim, se faz mister priorizar a qualidade do ensino em vez da quantidade do conteúdo a ser trabalhado, condições estas essenciais e que ainda estão longe de serem alcançadas pela escola brasileira.

O ensino de ciências que se faz atualmente no interior de nossas escolas, sejam elas públicas ou particulares, corresponde ainda, a) ao modelo de transmissão-recepção, que se caracteriza pelo verbalismo do professor e pelo esforço de memorização dos alunos; b) do conhecimento transmitido pelo mestre, que é considerado o detentor do saber, sendo o aluno tratado como alguém cuja mente encontra-se vazia, com possibilidade de ser preenchida com informações geralmente descontextualizadas, que na maioria das vezes não faz nem um sentido para o aprendiz.

A este respeito Schnetzler e Aragão (1995, p. 27) se manifestam mencionando que

Uma prática de ensino encaminhada quase exclusivamente para a retenção, por parte do aluno, de enormes quantidades de informações passivas, com o propósito de que esses sejam memorizados, evocados e devolvidos nos mesmos termos em que foram apresentados - na hora dos exames, através das provas, testes e exercícios mecânicos repetitivos – expressa, muito bem, uma concepção de ensino-aprendizagem correspondente ao modelo de transmissão-recepção.

Uma prática pedagógica realizada nestes moldes, não propicia as condições necessárias para que os alunos possam atuar na construção de seu conhecimento, por não serem levados a tomarem uma atitude frente aos problemas que lhes são apresentados. Problemas esses que na maioria das vezes não apresentam relação com o cotidiano dos alunos, contribuindo para uma visão distorcida da ciência, conforme cita Souza Cruz (2001, p.172):

Dentro desse quadro, o conhecimento científico é tratado como neutro, objetivo e essencialmente factual. Assim, a Ciência passa a ser vista como um conhecimento objetivo, abstrato e impessoal: uma racionalidade técnica universal com a propriedade de ser diretamente aplicável a inúmeras situações. É uma visão de conhecimento como algo generalizável e não problemática.

Neste cenário, Santos e Schnetzler (2000, p.130) manifestam suas idéias a respeito desta questão, quando afirmam que:

Enquanto nos limitarmos a uma educação científica pura e neutra, desvinculada dos aspectos sociais, a nossa contribuição será muito pouco para reverter o atual quadro da sociedade moderna. Essa

educação alienante e defeituosa tem até mesmo reforçado o sistema de dominação humana.

Estes autores, na busca de estabelecer relações entre o conceito de cidadania e a educação, chamam a atenção para a importância da contextualização no ensino de Química, de modo que o mesmo passe a ter significado para o estudante (SANTOS e SCHNETZLER, 2000).

Assim como no ensino de Química, o ensino de Física também necessita ser contextualizado, diferentemente do ensino que é praticado na maioria das escolas, onde os problemas propostos são resolvidos mecanicamente e, muitas das vezes, priorizando-se a quantidade em detrimento da qualidade.

Esta forma de trabalhar o ensino de Física, sem vinculação com a vida do estudante, faz com que o mesmo deixe de ser significativo, não contribuindo para o entendimento e posicionamento frente às diversas questões que se apresentam no seu cotidiano. Ao ser tratado de forma mecanizada, não propicia a compreensão conceitual, o que se traduz no emprego incorreto de conceitos, leis e princípios físicos. Por outro lado, a ênfase dada para a necessidade de cumprir o programa, em função, por exemplo, dos concursos vestibulares, aliado a um programa excessivamente extenso, diminui o tempo a ser utilizado na discussão e aprofundamento do entendimento dos diversos temas trabalhados. Estas e outras questões contribuem para uma imagem, por parte dos alunos, de que a física é uma disciplina difícil, acessível apenas para alguns, em que a maioria estuda apenas para “passar” de ano, justificando, de certo modo, o elevado índice de reprovação dos estudantes, principalmente, na série inicial do ensino médio.

Neste sentido, um ensino que se propõe a formar um indivíduo, como um cidadão que participa e toma decisões, precisa dotar o aprendiz de informações básicas necessárias para que ele possa atuar junto à comunidade a qual pertence. O processo de ensino deve proporcionar a oportunidade para o aluno aplicar o que aprendeu em situações reais, de modo que os temas estudados sejam relevantes em seu cotidiano. Santos e Schnetzler (2000, p. 94) se manifestam a esse respeito afirmando que,

Isso significa o desenvolvimento da capacidade de **tomada de decisão**. Para tanto, torna-se necessário que o indivíduo tenha informações básicas em Ciência, no campo social e em áreas afins à problemática em estudo, bem como desenvolva a capacidade de julgar, sabendo avaliar os custos e benefícios, tanto pelas informações científicas e tecnológicas, como pela adoção de valores (grifo do autor).

Neste sentido, não é mais suficiente que o educando receba as informações de forma compartimentalizada, uma vez que o saber por ele adquirido deve proporcionar condições para que ele compreenda e proponha soluções para problemas, que requerem, para a sua solução, mais do que conhecimento em Física, Biologia ou Química separadamente. Se o problema é real, se faz necessário a percepção, por exemplo, das questões sociais que estão por trás do consumo desenfreado de energia pelos países ricos, o julgamento de valores envolvidos na situação em questão, que no dizer de Demo (2001, p. 30)

Considerar formação básica como “especificidade moderna” significa estabelecer, de um lado, “quantidade” mínima de informação universalmente disponível, de estilo interdisciplinar e matricial, e, de outro, uma “qualidade” mínima em termos de aprofundamento e atualização, condensada esta em habilidade metodológico-propedêutica, típica do aprender a aprender. Mais que deter conhecimento disponível, trata-se de habilitar metodologicamente a pessoa a maneja-lo e a produzi-lo. A óbvia interdisciplinaridade da formação básica, para tornar-se real, carece de especificidade, ou seja, somente pessoas competentes em seus ofícios conseguem permutar conhecimento novo e útil.

Diante deste quadro, o ensino de Ciências em geral e o da Física em particular, deve buscar um equilíbrio entre a quantidade e a qualidade do conteúdo a ser trabalhado, deve, sempre que possível, buscar aspectos de convergência com as demais disciplinas do mapa curricular, procurar explorar o conteúdo selecionado para o processo de ensino a partir de temas, que possam ser problematizados, tornando o conteúdo em questão significativo para o aprendiz, o que proporcionará uma elevação na capacidade do educando em analisar e propor soluções viáveis para os problemas da comunidade na qual está inserido.

Neste contexto, para que o estudante possa beneficiar-se de informações básicas em ciências, como defendem Santos e Schnetzler (2000), torna-se importante à compreensão da forma pela qual os estudantes constroem os conceitos escolares, uma vez que, estes são importantes para o acesso a uma cultura científica.

Deste modo, buscar-se-á compreender, neste estudo, a forma pela qual os estudantes, de série inicial do ensino médio, constroem o conceito de energia mecânica e suas formas, analisado sob a luz da Teoria Sócio-Histórica.

Para o sucesso deste constructo, nos apoiaremos na Teoria Sócio-Histórica, desenvolvida pelo russo Lev Semenovich Vygotsky, colaboradores e seguidores, de modo a subsidiar a prática pedagógica na sala de aula de Física, teoria esta, que pode ser caracterizada, de acordo com Wertsch (2002, p. 108-109), pela:

(1) confiança na análise genética (isto é, evolutiva), (2) a reivindicação de que as funções mentais superiores do indivíduo têm suas origens na vida social, e (3) a reivindicação de que os instrumentos e sinais usados para mediar os processos humanos, sociais e psicológicos, constituem a chave para sua compreensão.

O tema energia mecânica e suas formas se justifica por ser um conceito central em Física Clássica e por estarmos constantemente nos relacionando com eventos cuja base explicativa está na idéia de energia ou sua conservação. A energia pode chegar até nós, por exemplo, na forma de ondas eletromagnéticas emitidas pelo sol. Podemos sentir o seu efeito na forma de energia térmica quando ficamos expostos a essas ondas eletromagnéticas. As plantas também utilizam essa energia emitida pelo sol para produzir, pelo processo de fotossíntese, o alimento necessário para o eu crescimento, produção e reprodução. Estes exemplos mostram situações cotidianas relacionadas ao tema energia e uma de suas formas que é a energia mecânica. Ele também funciona como um eixo estruturante, proporcionando uma visão integrada dos diversos temas abordados na Física Clássica, que é objeto de estudo no ensino médio.

Com o intuito de buscar uma compreensão da forma pela qual os estudantes, de série inicial do ensino médio, constroem o conceito de energia mecânica e suas formas, analisada à luz da Teoria Sócio-Histórica, foram estabelecidos três objetivos para serem respondidos pelo presente estudo, a saber:

- a) Identificar saberes de energia mecânica e suas formas, demonstrados por estudantes de série inicial do ensino médio, ao responderem questões propostas sobre o tema;

b) Avaliar a evolução do pensar dos estudantes, de série inicial do ensino médio, antes e após o processo de ensino e de aprendizagem do conceito de energia mecânica e suas formas;

c) Identificar, nas explicações construídas nas interações em sala de aula, elementos que indiquem a forma pela qual os estudantes constroem o conceito de energia mecânica e suas formas, na ótica da Teoria Sócio-Histórica.

PARTE 2 – ELEMENTOS DA TEORIA SÓCIO-HISTÓRICA

2.1 – DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS

Compreendendo a escola como um espaço de ensino e de aprendizagem, onde o conhecimento socialmente valorizado é colocado à disposição dos demais membros da sociedade, de modo a reelaborar o conhecimento apresentado ou elaborar novo conhecimento, faz-se necessário, então, o desenvolvimento de formas eficientes de ação nas aulas de Física, que assegure o desenvolvimento dos conceitos científicos na mente de um aprendiz.

Neste estudo, conceitos científicos ou conceitos não-espontâneos, são entendidos como aqueles conhecimentos sistematizados e reelaborados intencionalmente, principalmente em situação escolar, em oposição aos conceitos espontâneos, que são conhecimentos decorrentes da interação cotidiana de um sujeito com objetos, fatos e fenômenos.

Segundo Vygotsky (2000, p. 107), os conceitos científicos não são aprendidos mecanicamente. Eles evoluem com a ajuda de uma rigorosa atividade mental desenvolvida pelo aprendiz, de modo que existe uma inter-relação e uma influência mútua com o desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou cotidianos.

Acerca do processo de constituição de conceitos cotidianos e científicos, Goés (1997, p. 21) se manifesta, destacando que os dois processos diferem entre si e chama a atenção para o papel da palavra, em ambos os processos, embora contribuindo, de forma diferenciada, em cada caso. Para esta autora, no conceito cotidiano, a palavra vai mediar a vivência com o objeto, enquanto que no conceito científico, a palavra vai marcar a relação com outros conceitos, numa rede de palavras já significadas.

Goés (1997, p. 21) destaca ainda, que

O processo de conceitualização cotidiana se dá na vivência com o objeto mediada pela palavra. E esse processo caracteriza-se por um sistema de enlaces que se organiza em termos de generalizações dependentes do vivencial, do evocado, do perceptual. Já o conceito científico se forma ao ser inserido em relações de níveis

de generalidade, num sistema organizado hierarquicamente. Daí ser considerado “sistemizado”

Convém lembrar, no entanto, que a formação de conceitos espontâneos e conceitos científicos se desenvolvem a partir de motivações e condições internas e externas diferentes.

Neste sentido

A mente se defronta com problemas diferentes quando assimila os conceitos na escola e quando é entregue aos seus próprios recursos. Quando transmitimos à criança um conhecimento sistemático, ensinamos-lhe muitas coisas que ela não pode ver ou vivenciar diretamente. Uma vez que os conceitos científicos e espontâneos diferem quanto à sua relação com a experiência da criança, e quanto à atitude da criança para com os objetos, pode-se esperar que o seu desenvolvimento siga caminhos diferentes desde o seu início até sua forma final. (VYGOTSKY, 2000, p. 108).

Resultados de estudos realizados por Vygotsky e colaboradores, confirmaram que os conceitos científicos e os conceitos espontâneos se desenvolvem em direções contrárias, terminando, no entanto, por se encontrarem. De acordo com Vygotsky (2000, p. 135), *o desenvolvimento dos conceitos espontâneos da criança é ascendente, enquanto o desenvolvimento de seus conceitos científicos é descendente*, para um nível mais elementar e concreto.

A forma diferente como os dois conceitos se desenvolvem está relacionado com as formas diferentes como eles surgem. Os conceitos espontâneos surgem da confrontação com uma situação concreta, enquanto que o conceito científico envolve uma atitude “mediada” em relação ao seu objeto (VYGOTSKY, 2000, p. 135).

No que se refere ao conceito espontâneo, Vygotsky argumenta que, inicialmente o indivíduo adquire um determinado conceito e, por ainda não estar consciente de seu próprio ato de pensamento, só algum tempo depois é que ele adquire a capacidade de defini-lo por meio de palavras e de operar com ele.

Já com relação ao conceito científico, o processo de aprendizagem atua no sentido de tornar o aprendiz consciente de seus processos mentais.

O aprendizado escolar induz o tipo de percepção generalizante, desempenhando assim um papel decisivo na conscientização da criança dos seus próprios processos mentais. Os conceitos científicos, com o seu sistema hierárquico de inter-relações, parecem constituir o meio no qual a consciência e o domínio se desenvolvem, sendo mais tarde transferidos a outros conceitos e a outras áreas do pensamento (VYGOTSKY, 2000, p. 115).

Se por um lado, a citação acima indica que o conhecimento científico permite a aquisição, pelo aprendiz, da consciência reflexiva, por outro lado, ela sugere que a consciência de um conceito ocorre a partir do momento em que este faz parte de um sistema hierárquico de conceitos, ou seja:

Se consciência significa generalização, a generalização por sua vez a formação de um conceito supra-ordenado que inclui o conceito dado como um caso específico. Um conceito supra-ordenado implica a existência de uma série de conceitos subordinados, e pressupõe também uma hierarquia de conceitos de diferentes níveis de generalidade. Assim, o conceito dado é inserido em um sistema de relações de generalidade (VYGOTSKY, 2000, p. 116).

Ao se referir ao sistema hierarquizado existente por traz de qualquer conceito científico, Moysés (1997, p. 35) destaca que a principal tarefa do professor ao contribuir com o aluno na construção deste tipo de conceito é:

A de levá-lo a estabelecer um enlace indireto com o objeto por meio das abstrações em torno das suas propriedades e da compreensão das relações que ele mantém com um conhecimento mais amplo. Ao contrário do espontâneo, o conceito científico só se elabora intencionalmente, isto é, pressupõe uma relação consciente e consentida entre o sujeito e o objeto do conhecimento.

Os conceitos científicos, por suas características, são propícios para serem desenvolvidos em situações de sala-de-aula, onde a atuação do professor se reveste de especial importância, uma vez que, para Vygotsky (2000, p. 133), a construção de um conceito é propiciada, porque o professor, *trabalhando com o aluno*, explicou, deu informações, questionou, corrigiu o aluno e o fez explicar. Os conceitos da criança se formam no processo de aprendizado, em colaboração com o adulto.

Decorrente no pensamento acima é possível inferir uma série de questões que podem contribuir para a construção de conceitos científicos em ambiente escolar, como:

1) A expressão, “*trabalhando com o aluno*” está relacionada com a importância da interação entre o professor e o aluno. O professor, neste sentido, deve atuar como mediador entre o aluno e o objeto do conhecimento, propiciando, deste modo, a reconstrução do saber.

2) “*Explicou e deu informações*”, sugere que o professor, levando em consideração aquilo que o aprendiz já aprendeu em função da confrontação com as situações concretas de seu cotidiano, pode atuar no sentido de ampliar os esquemas mentais do aprendiz, de que forma que, ao propiciar que este domine um nível mais elevado na esfera dos conceitos científicos, eleve, ainda, o nível dos conceitos cotidianos.

3) O “*questionar e corrigir o aluno*”, surge a possibilidade de aproximar o novo conceito da zona de desenvolvimento proximal deste, por intermédio de perguntas apropriadas que possam ajudar na reorganização de sua estrutura cognitiva.

4) Por fim, “*e o fez explicar*”, permite que o professor possa detectar se o aprendiz reconstruiu em um plano intrapsicológico, aquilo que foi construído no plano interpsicológico. Ou seja, este processo remete ao mecanismo da internalização, ou ainda, como defende Mortimer (2000, p. 13), na construção de uma explicação, é possível observar um movimento do plano intrapsicológico para o interpsicológico, o que caracteriza um mecanismo de externalização.

Neste sentido, a noção de atividade compartilhada, zona de desenvolvimento proximal e internalização, acrescidos da noção de mediação, significado e sentido das palavras, serão os princípios teóricos do pressuposto sócio-histórico de Vygotsky, utilizados no presente estudo, no sentido de buscar a construção (e a compreensão da forma pela qual esta construção ocorre) do conceito escolar de energia mecânica e suas formas, entre alunos da primeira série do ensino médio.

2.2 – MEDIAÇÃO

Uma preocupação central nos estudos de Vygotsky e seus colaboradores, é a compreensão da forma de funcionamento das funções psicológicas superiores ou processos mentais superiores, que são típicas do homem, que envolvem a atenção seletiva e a memória voluntária, em contraposição aos processos elementares, que incluem, como exemplo, as ações reflexas e as ações automatizadas, que são comportamentos que podem ser encontrados entre os animais.

Dos conceitos desenvolvidos por Vygotsky, o conceito de mediação mostra-se importante para a compreensão de suas concepções acerca do funcionamento psicológico. Oliveira (1993, p. 26) afirma que, “mediação, em termos genéricos, é o processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação; a relação deixa, então, de ser **direta** e passa a ser **mediada** por esse elemento”(grifo do autor).

A noção de mediação sugere que, a relação do homem com o mundo, não se dá de forma direta, mas intermediada por elementos mediadores, que são os instrumentos e os signos, que atuam como ferramentas auxiliares da atividade humana (VYGOTSKY, 1998).

Embora existam analogias entre a estrutura de funcionamento de instrumentos e signos, eles apresentam características bem diferentes, que são destacadas pelo próprio Vygotsky (1998, p. 72-73), quando menciona que

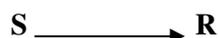
a função do instrumento é servir como um condutor da influência humana sobre o objeto da atividade; [...]. O signo, por outro lado, não modifica em nada o objeto da operação psicológica. Constitui um meio da atividade interna dirigida para o controle do próprio indivíduo..

Enquanto a utilização do instrumento se relaciona com o trabalho, permitindo a ampliação de possibilidades de transformação da natureza, a utilização do signo atua como um instrumento de atividade psicológica. É particularmente neste segundo tipo de mediação, por signo, que repousa o interesse do presente estudo.

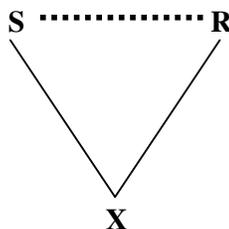
Neste sentido, o registro de números telefônicos em uma agenda e a organização de uma lista de compras por escrito, ilustra a utilização da mediação por signo com o intuito de melhorar as possibilidades de armazenagem de informações e de controle da ação psicológica, o que determina uma nova forma de comportamento, se comparado com as funções psicológicas elementares.

As funções elementares têm como característica fundamental o fato de serem total e diretamente determinadas pela estimulação ambiental. No caso das funções superiores, a característica essencial é a estimulação autogerada, isto é, a criação e o uso de estímulos artificiais que se tornam a causa imediata do comportamento. (VYGOTSKY, 1998, p. 53).

Desse modo, uma forma elementar de comportamento, um estímulo (**S**), decorrente de uma situação-problema, implica uma reação do organismo, uma resposta direta (**R**), que pode ser representada da forma abaixo.



Por outro lado, em uma estrutura de operações com signos, o processo estímulo-resposta requer um elemento de ligação, o signo, constituindo-se, então, em um ato complexo, mediado, que passa a ser representado da seguinte maneira:



Vygotsky (1998, p. 53) confere uma função especial para o signo no interior da operação psicológica:

Ele cria uma nova relação entre **S** e **R**. O termo 'colocado' indica que o indivíduo deve estar ativamente engajado no estabelecimento desse elo de ligação. Esse signo possui também, a característica importante de ação reversa (isto é, ele age sobre o indivíduo e não sobre o ambiente).

Uma vez que o signo atua sobre o indivíduo, ele confere à operação psicológica, formas qualitativamente novas e superiores de ação, em que um estímulo extrínseco proporciona a possibilidade dos seres humanos controlarem parte do seu próprio comportamento.

Vygotsky indica que as operações com signos, como uma função psicológica superior, surgem ao longo do curso geral de desenvolvimento psicológico da criança, como resultado de um processo dialético e não como algo que é introduzido de fora ou de dentro.

As operações com signos aparecem como resultado de um processo prolongado e complexo, sujeito a todas as leis básicas da evolução psicológica. *Isso significa que a atividade de utilização de um signo nas crianças não é inventada e tão pouco ensinada pelos adultos; ao invés disso, ela surge de algo que originalmente não é uma operação com signos, tornando-se uma operação desse tipo somente após uma série de transformações qualitativas* (VYGOTSKY, 1998, p. 60, grifo do autor).

No caso específico do presente estudo onde, para compreendermos a forma pela qual os estudantes constroem o conceito de energia mecânica e suas formas, estaremos trabalhando com a formação de conceitos científicos, a palavra terá um papel fundamental, uma vez que, no dizer de Vygotsky (2000, p. 70), “na formação de conceitos, esse signo é a *palavra*, que no princípio tem o papel de meio na formação de um conceito e posteriormente, torna-se o seu símbolo”.

Palangana (2001, P. 104), ao mesmo tempo em que reconhece o papel da linguagem para a produção do conhecimento, chama a atenção para a importância do contexto neste processo.

A ontogênese do psiquismo humano não é produzida pela ação dos significados verbais isoladamente. Ao contrário, a apropriação dos conteúdos veiculados pela linguagem se dá num contexto social e historicamente determinado e, desse modo, sofre a influência de todas as circunstâncias materiais próprias ao estágio de desenvolvimento da vida dos indivíduos na sociedade.

Ainda em relação ao papel da palavra como um signo que mediará o papel do processo através do qual serão conduzidas as nossas operações mentais na relação com o objeto do conhecimento, Vygotsky (2000, p. 72-73) argumenta que,

A formação de conceitos é o resultado de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte. No entanto, o processo não pode ser reduzido à associação, à atenção, à formação de imagens, à inferência ou às tendências determinantes. Todos são indispensáveis, porém insuficientes sem o uso do signo, ou palavra, como o meio pelo qual conduzimos as nossas operações mentais, controlamos os seus cursos e as canalizamos em direção a solução do problema que enfrentamos.

Embora a presença de um problema ou tarefa cultural não seja, por si só, a explicação para o mecanismo de desenvolvimento que irá resultar na formação de um conceito, ele proporcionará ao aprendiz novas exigências, que atuarão no sentido de estimular seu intelecto, proporcionando-lhe uma série de novos objetos que permitirão que o seu raciocínio alcance estágios mais elevados.

Neste sentido, Vygotsky mostra que o pesquisador, além de buscar a compreensão das relações entre as tarefas externas e a dinâmica do desenvolvimento, ele deverá ainda,

Considerar a formação de conceitos como uma função do crescimento social e cultural global do adolescente, que afeta não apenas o conteúdo, mas também o método de seu raciocínio. O novo e significativo uso da palavra, a sua utilização *como um meio para a formação de conceitos*, é a causa psicológica imediata da transformação radical por que passa o processo intelectual no limiar da adolescência (VYGOTSKY, 2000, p. 73, grifo do autor).

Como exposto anteriormente, a apropriação de conteúdos vinculados à linguagem se dá em um contexto social e historicamente determinado, o que significa dizer que a formação de um conceito iniciará como uma ação interpessoal, evoluindo, com o desenvolvimento do aprendiz, para uma ação intrapessoal, processo esse, denominado por Vygotsky, de processo de internalização, tema que passamos a abordar em seguida.

2.3 – O PROCESSO DE INTERNALIZAÇÃO

Vygotsky (1998) preconiza a idéia de que, a relação do homem com o mundo, não ocorre de forma direta mas, mediada por instrumentos e signos, o que possibilita a ampliação das ações humanas tanto nas relações de trabalho como nas atividades psicológicas. A partir

da perspectiva psicológica, no entanto, a semelhança entre signos e instrumentos ocorre por conta da função mediadora que os caracteriza, uma vez que, enquanto os instrumentos atuam no sentido de servir como um condutor da influência humana sobre o objeto da atividade, os signos, que podem ser considerados como sendo “instrumentos psicológicos”, constituem um meio da atividade interna, dirigido para o controle do próprio indivíduo (VYGOTSKY, 1998, p. 72-73).

Os signos, que inicialmente aparecem como marcas *externas*, ao longo do desenvolvimento de um indivíduo transforma-se em processos *internos*, de mediação. Para esse mecanismo de reconstrução interna de uma operação externa, Vygotsky (1998, P. 74) chama de internalização.

Um exemplo clássico da teoria sócio-histórica, citado pelo próprio Vygotsky (1998), que ilustra o processo acima, é a transformação do ato de agarrar, executado por uma criança na tentativa de alcançar um objeto que se encontra fora do seu raio de ação, no gesto de apontar, processo esse que nasce da interação social.

Uma criança que estende os braços em direção a um objeto que se encontra fora de seu alcance, executa movimentos com as mãos que mais parecem o ato de agarrar. Do ponto de vista da criança, esta é uma operação executada entre ela e o objeto. É um gesto dirigido ao objeto na tentativa de agarrá-lo. No entanto, um adulto que observe esta cena, interpretará o gesto da criança como uma demonstração do seu interesse pelo objeto em questão e, possivelmente, reagirá dando o objeto para a criança.

Deste modo, um gesto que, inicialmente, era dirigido ao objeto, depois de algum tempo passa a ser dirigido para outra pessoa, a partir do momento em que a criança incorpora o significado atribuído ao gesto pelo adulto, quando o movimento de agarrar transforma-se no gesto de apontar. Em relação a este processo, Vygotsky (1998, p.74) lembra que,

Somente mais tarde, quando a criança poder associar o seu movimento à situação objetiva como um todo, é que ela, de fato, começa a compreender esse movimento como um gesto de apontar. Nesse momento, ocorre uma mudança naquela função do movimento: de um movimento orientado pelo objeto, torna-se um movimento dirigido para uma outra pessoa, um meio de estabelecer relações. *O movimento de pegar transforma-se no ato de apontar* (grifo do autor)

O processo descrito é explicado por Vygotsky segundo o que ele considerava a sua *lei genética geral do desenvolvimento cultural*, enunciada da seguinte forma:

Qualquer função no desenvolvimento cultural da criança aparece em cena duas vezes, em dois planos – primeiro no social, depois no psicológico, primeiro entre as pessoas como categoria interpsicológica, depois – dentro da criança (VYGOTSKY, 1929, p. 26. grifo do autor).

A citação acima destaca a importância da interação entre sujeitos para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores. É nesta interação que o significado cultural de uma relação é negociado. Isso significa que, na situação de sala de aula, onde se procura desenvolver a construção/reconstrução de conceitos escolares, será importante, ou mesmo necessário, além da interação professor/aluno, procurar estabelecer entre os alunos, um clima de participação e colaboração para a construção de seu próprio conhecimento, uma vez que, a construção de conceitos, primeiro ocorre em um plano social, como uma categoria interpsicológica, para a partir daí, ocorrer no plano psicológico, como uma categoria intrapsicológica. Oliveira (1993, p. 38) se reporta a cerca da importância da interação entre indivíduos, afirmando que,

A interação face a face entre indivíduos particulares desempenha um papel fundamental na construção do ser humano: é através da relação interpessoal concreta com outros homens que o indivíduo vai chegar a interiorizar as formas culturalmente estabelecidas de funcionamento psicológico. A interação social, seja diretamente com outros membros da cultura, seja através dos diversos elementos do ambiente culturalmente estruturado, fornece a matéria-prima para o desenvolvimento psicológico do indivíduo.

Ao destacar a importância das interações sociais no desenvolvimento psicológico do ser humano, Vygotsky não vê o indivíduo como um produto passivo do meio cultural, defende que existe uma espécie de negociação na inter-relação entre o aprendiz e os demais membros da sociedade com quem interage, que há um processamento nas informações recebidas, quando, então, o sujeito as toma como suas. Oliveira (1993, p.38) se manifesta sobre este tema relatando que

A cultura, entretanto, não é pensada por Vygotsky como algo pronto, um sistema estático ao qual o indivíduo se submete, mas como uma espécie de ‘palco de negociações’, em que seus membros estão num constante

movimento de recriação e reinterpretação de informações, conceitos e significados. A vida social é um processo dinâmico, onde cada sujeito é ativo e onde acontece a interação entre o mundo cultural e o mundo subjetivo de cada um. [...] o processo pelo qual o indivíduo internaliza a matéria prima fornecida pela cultura não é, pois, um processo de absorção passiva, mas de transformação, de síntese.

Ao trabalhar com a perspectiva de contribuir com a construção de conceitos, é importante, como já vimos, a interação entre os diversos sujeitos que compõem o ambiente de sala de aula, bem como, com a interação destes com o professor. A intervenção do professor, no entanto, precisa ocorrer de forma que possibilite o avanço do aprendiz rumo a construção do seu próprio conhecimento. Neste sentido, um dos conceitos da teoria sócio-histórica que pode contribuir nesta construção, é o de zona de desenvolvimento proximal – ZDP, que passaremos a apresentar em seguida.

2.4 – ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL

Para a definição de zona de desenvolvimento proximal – ZDP, de acordo com Vygotsky (1998, p. 112), precisamos levar em consideração o nível de desenvolvimento real, que costuma ser determinado pela solução independente de problemas e o nível de desenvolvimento potencial, que é determinado pela solução de problemas mediante ajuda de terceiros. Essa distância, entre desenvolvimento real e potencial, define a zona de desenvolvimento proximal.

Segundo Vygotsky (1998, p. 113), o conceito de ZDP refere-se às funções que ainda não amadureceram, mas que amadurecerão, por estarem em estado embrionário. Deste modo, aquilo que é a zona de desenvolvimento proximal hoje, será o nível de desenvolvimento real amanhã, em outras palavras, o que uma criança pode fazer hoje com assistência, poderá fazer amanhã sozinha.

Vygotsky (1998, p. 114-115) propõe, a partir do conceito de ZDP, a necessidade de reavaliação do papel da imitação no aprendizado, pois, numa atividade coletiva ou sob a orientação de adultos, usando a imitação, as crianças são capazes de fazer muito mais coisas do que são capazes de fazer sozinhas, o que permite afirmar que o bom aprendizado deve sempre se adiantar ao desenvolvimento.

A partir da ZDP, o sistema cognitivo desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar quando da interação da criança com pessoas em seu ambiente ou em cooperação com outras crianças, possibilitando que esses processos, ao serem internalizados, passem a fazer parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança.

Neste sentido, Vygotsky (1998, p. 118) argumenta que embora o aprendizado esteja diretamente relacionado ao desenvolvimento da criança, os dois processos, aprendizado e desenvolvimento, não são coincidentes, ou seja, o processo de desenvolvimento progride de forma mais lenta e atrás do processo de aprendizagem, não sendo também, realizados em igual medida ou em paralelo.

Cabe lembrar, no entanto, que de acordo com Meira (2003), a definição mostrada acima, primeira fase no desenvolvimento do conceito de ZDP, denominada de fase do desempenho, foi formulada em um contexto de crítica aos testes de QI, enfatizando, como vimos anteriormente, o desempenho do sujeito na solução de problemas sozinho e com ajuda de alguém mais experiente.

Ainda segundo Meira (2003), uma segunda fase deste conceito, a da interação, enfatiza os aspectos dos sistemas de interação social no processo de colaboração e na fase da mediação semiótica, que seria a terceira fase da evolução do conceito de ZDP, os aspectos simbólicos e discursivos passam a ser enfatizados no contexto das atividades. Esta fase, mesmo associada às formulações interacionais enfatizadas na segunda fase, distancia-se, de forma definitiva, da comparação de desempenho que era enfatizado na primeira fase.

Esta terceira fase da evolução do conceito de ZDP nos parece mais apropriada para subsidiar e analisar um episódio de ensino, por ressaltar a importância da interação no processo de construção do conhecimento, assim como, os símbolos como mediadores dessa construção, incluindo aí o discurso produzido na interação. Neste sentido, sendo a palavra o meio através do qual o conceito de energia mecânica e suas formas se desenvolverão, se faz necessário ficar atento para a questão do significado e sentido da palavra, que deverá ser compartilhado no processo de ensino.

2.5 – SIGNIFICADO E SENTIDO

A escola é dotada das características de ser o espaço onde o conhecimento valorizado socialmente é colocado à disposição dos membros de uma sociedade na forma de conceitos escolares. Na construção/reconstrução destes conceitos ocorre uma interação entre o professor, como representante da cultura científica/escolar, e os estudantes, como membros da sociedade letrada que precisam ser inseridos na referida cultura.

Na interação, professor e estudante buscam compartilhar significados, de modo a que se promova uma melhor compreensão do tema em discussão. Na construção de um conceito escolar, como é o caso do conceito de energia mecânica e suas formas, tratado no presente estudo, a palavra é o signo, que inicialmente se reveste do papel de meio na formação do conceito, para, em seguida, representá-lo de forma simbólica.

A palavra, no entanto, é dotada de significado em determinado contexto, uma vez que, de acordo com Oliveira (1993, p. 48), “são os significados que vão propiciar a mediação simbólica entre o indivíduo e o mundo real, constituindo-se no ‘filtro’ através do qual o indivíduo é capaz de compreender o mundo e agir sobre ele”.

Por outro lado, além do significado que uma palavra carrega, que vai propiciar a comunicação do indivíduo com os demais membros de sua cultura, ela carrega consigo, algo que é próprio de cada indivíduo em particular, que é o sentido atribuído por ele para a palavra. Neste contexto, Moysés (1997, p. 39) argumenta que,

Ao assimilar o significado de uma palavra o homem está dominando a experiência social. No entanto, essa depende da individualidade de cada um. É essa individualidade que faz com que uma mesma palavra conserve, ao mesmo tempo, um significado – desenvolvido historicamente – compartilhado por diferentes pessoas e um sentido todo próprio e pessoal para cada um.

Vygotsky (2000, p.181) procura caracterizar a distinção entre o significado, relativamente estável, e o sentido de uma palavra, que depende, substancialmente, da situação em que a palavra é utilizada. Deste modo,

[...] O sentido de uma palavra é a soma de todos os eventos psicológicos que a palavra desperta em nossa consciência. É um todo complexo, fluído e dinâmico, que tem várias zonas de estabilidade desigual. O significado é apenas uma das zonas do sentido, a mais estável e precisa. Uma palavra adquire o seu sentido no contexto em que surge; em contextos diferentes, altera o seu sentido. O significado permanece estável ao longo de todas as alterações do sentido. O significado dicionarizado de uma palavra nada mais é do que uma pedra no edifício do sentido, Não passa de uma potencialidade que se realiza de formas diversas na fala.

No contexto escolar, em que a continuidade ou o desenvolvimento da cultura é algo desejável, a palavra é o meio através do qual um conceito é formado. Os dois componentes da palavra, o significado e o sentido, se revestem de especial importância. Se professores e alunos, no processo de negociação para a construção de um conceito escolar, atribuírem significados e/ou sentidos diferentes para uma palavra, a comunicação entre eles poderá ficar comprometida.

Neste sentido é necessário que o professor busque sempre conhecer o alcance dos significados e dos sentidos atribuídos pelos estudantes às suas palavras, para proceder à negociação da superação de mal-entendidos que possam surgir no processo de construção do conhecimento, na busca de um diálogo que seja compartilhado entre ambos.

PARTE 3 – O MÉTODO

3.1 – LOCAL, SUJEITOS E EPISÓDIOS DA PESQUISA

Neste estudo, os episódios de ensino analisados foram registrados em uma turma de 1ª série do ensino médio, de uma Escola Pública Federal que desenvolve educação básica, denominada de Escola de Aplicação da Universidade Federal do Pará, o Núcleo Pedagógico Integrado – NPI, localizado em um bairro da periferia da cidade de Belém do Pará.

A turma continha inicialmente 34 estudantes, em idade variando de 14 a 16 anos. A partir do início do terceiro bimestre de 2003, um outro estudante foi incorporado à turma, perfazendo assim um total de 35 entre alunos e alunas. Neste estudo os estudantes foram denominados por símbolos, indo de E01 a E35.

O professor da disciplina Física na turma foi o próprio pesquisador e autor do presente estudo. Licenciado pleno em Física, especialista em ensino de Ciências e Matemática, com 19 anos de experiência no magistério na época do estudo.

Os episódios de ensino que forneceram os dados à pesquisa empírica do estudo foram desenvolvidos no mês de setembro de 2003, nos horários regulares de aula da turma, no turno matutino, indo de 7h30 às 14h00.

3.2 – CONTRIBUIÇÕES PARA ANÁLISE DOS PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Para analisar o processo de ensino e de aprendizagem foi utilizada a abordagem metodológica denominada *análise microgenética*, por estar inserida na abordagem sócio-histórica e pelo caráter promissor para a investigação da constituição do sujeito, por permitir o aprofundamento dos estudos dos processos da intersubjetividade e a possibilidade de vincular

minúncias e indícios de episódios específicos às condições macrosociais, relativas às práticas sociais (GOÉS, 2000, p. 9).

Como destaca Góes (2000, p. 9), a análise microgenética,

De um modo geral, trata-se de uma forma de construção de dados que requer a atenção a detalhes e o recorte de episódios interativos, sendo o exame orientado para o funcionamento dos sujeitos focais, as relações intersubjetivas e as condições sociais da situação, resultando num relato minucioso dos acontecimentos.

Embora a maior parte dos trabalhos empíricos realizados por Vygotsky e colaboradores tenha ocorrido no domínio da ontogênese, a microgênese desempenhou um papel importante em suas análises, por mostrar que o pesquisador, ao levar a cabo estudos de laboratório no campo da psicologia, por exemplo, deveria estar atento aos processos microgenéticos implicados na formação e manifestação de um determinado processo psicológico.

De acordo com Wertsch (1988, p. 71-72), Vygotsky distinguia duas características na microgênese: a formação à curto prazo de um processo psicológico determinado e o desdobramento de um ato individual perceptivo ou conceitual, com duração de milissegundos.

Góes (2000), no entanto, ao mesmo tempo em que destaca a importância de Wertsch na teorização atual da matriz histórico-cultural, critica a definição proposta por ele para a abordagem microgenética. De acordo com Goés(2000), os critérios utilizados, a transição genética e a curta duração dos eventos estudados, não são suficientes para caracterizar este tipo de análise. A este respeito esta mesma autora assim se manifesta

Nota-se que, nessa definição, as indicações criteriosas estão postas na transição genética (do inter-subjetivo para o intra-subjetivo) e na questão da curta duração dos eventos estudados. Em termos da primeira indicação é preciso lembrar que as relações entre processos inter-subjetivos e intra-subjetivos, por serem fundamentais nessa matriz teórica, marcam os esforços de investigação em geral, principalmente em termos do domínio ontogenético; portanto, trata-se de um apontamento apropriado, mas não como critério diferencial suficiente do plano da microgênese. Quanto à curta duração, não parece ser um critério, em si e por si. O estabelecimento de um período curto de tempo parece decorrer da necessidade de recortes que permitam examinar as minúncias (GOÉS, 2000, p. 15).

Na sequência desta crítica a autora propõe então que

Essa análise não é micro porque se refere à curta duração dos eventos, mas sim por ser orientada para minúcias indiciais – daí resulta a necessidade de recortes num tempo que tende a ser restrito. É genética no sentido de ser histórica, por focalizar o movimento durante processos e relacionar condições passadas e presentes, tentando explorar aquilo que, no presente, está impregnado de projeção futura. É genética, como sociogenética, por buscar relacionar os eventos singulares com outros planos da cultura, das práticas sociais, dos discursos circulantes, das esferas institucionais. (GÓES, 2000, p. 15)

Mortimer (2000), ao mencionar a importância da análise microgenética como ferramenta para investigar processos de aprendizagem na tradição sócio-cultural, afirma que nos trabalhos por ele analisados, aquilo que pode vir a se constituir em um “episódio” de ensino e quais os critérios para selecioná-los encontram-se apenas implícitos. Para este autor:

O que estes estudos ainda não enfocaram, está na microgênese de uma explicação dada por um único estudante. A definição de planos diferentes de análise corresponde a escalas diferentes nas quais o significado do fenômeno gerado pelo discurso pode ser estudado em salas de aula e parece ser uma tarefa importante por ampliar a noção de análise microgenética. Neste papel eu sugiro um modo de analisar uma explicação de estudante, composta de uma única expressão vocal ou de um número reduzido delas. [...] Em sala de aula de ciência, explicações são boas candidatas a se constituírem micro unidades de significado que merecem uma análise específica. Como micro unidades de significados, elas tendem a acontecer em um contexto definido por outras expressões vocais. Este contexto principal que é responsável pelo aparecimento da explicação pode ser definido como um “episódio” de construção de significado em sala de aula (MORTIMER, 2000, p. 2-3).

Na construção da estrutura teórica proposta para caracterizar os planos que constituem uma explicação e para mostrar como um estudante pode se mover entre estes planos em sua argumentação, Mortimer (2000, p. 6) define as categorias que podem caracterizar estes movimentos do seguinte modo:

As explicações que recorrem a entidades criadas dentro do discurso teórico da ciência, como é o caso das microscópicas, podem ser caracterizadas como *teoria dirigida*. As explicações que recorrem a propriedades observáveis ou componentes de um sistema podem ser caracterizadas como fundadas no *empírico/perceptual* (grifo nosso).

Mortimer distingue, ainda, entre descrições, explicações e generalizações. Enquanto “uma declaração ou expressão vocal baseada em uma *descrição vocal empírico/perceptual*, simplesmente descreve o fenômeno em termos de aspectos observáveis”, uma “*descrição teórica dirigida* vai além do fenômeno, usando na descrição entidades que não estão no próprio fenômeno” (MORTIMER, 2000, p. 7. grifo nosso).

A explicação de categorias, segundo Mortimer, “pode ser usada para referir-se à expressão vocal que explicitamente estabelece relações entre entidades e conceitos e importam alguma forma de modelo ou mecanismo para responder a um fenômeno específico”, enquanto que “uma generalização vai além de uma explicação quando admite que algumas explicações não são a propriedade de um fenômeno particular, mas uma propriedade geral de entidades científicas, matérias, classes de fenômenos, etc” (MORTIMER, 2000, p. 8-9).

As descrições, as explicações e as generalizações também podem ser empírico/perceptual ou fundadas em uma teoria dirigida.

Mortimer e Scott (2002), propõem, então, além da categorização do conteúdo do discurso gerado nas explicações, mais quatro categorias de análise, onde, as interações e a produção de significados em salas da aula de ciências são analisadas do ponto de vista: a) das *intenções* do professor, b) da *abordagem comunicativa*; c) dos *padrões de interação* e, d) das *intervenções* do professor.

a) *As intenções do professor* no trabalho de desenvolver a história científica no plano social da sala de aula constituem-se em: buscar o engajamento inicial dos estudantes para o desenvolvimento da história científica, **formulando uma problemática**; procurar **explorar a visão dos estudantes** sobre idéias ou fenômenos específicos; disponibilizar idéias científicas de modo a **introduzir e desenvolver a história científica**; guiar os estudantes no **trabalho com as idéias científicas**, dando suporte ao processo de internalização; guiar os estudantes na **aplicação das idéias científicas** e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para ele o controle e a responsabilidade por esse uso e; buscar **manter a narrativa** no sentido de sustentar o desenvolvimento da história científica.

b) *A abordagem comunicativa* pode ser caracterizada como **dialógica** ou de **autoridade**, se expressar mais de um ponto de vista ou não e ainda, como **interativa** ou **não-interativa**, se ocorrer com a participação de mais de um sujeito ou com uma única pessoa.

c) *Os padrões de interações* podem acontecer como uma tríade **I – R – A**, em que ocorre uma iniciação por parte do professor, a resposta do aluno e a avaliação do professor, ou cadeias do tipo **I – R – P – R – P ...**, em que o professor apenas sustenta um enunciado por parte do aluno, ou ainda cadeias do tipo **I – R – F – R – F ...**, em que o professor fornece um *feedback* para que o estudante elabore um pouco mais a sua fala.

d) *As formas de intervenções pedagógicas* do professor, na busca de desenvolvimento da história científica, procuram **dar formas aos significados** atribuídos pelos estudantes a uma determinada idéia ou fenômeno, **selecionar os significados** que contribuem com o desenvolvimento da história científica, **marcar significados chaves** para esse desenvolvimento, **compartilhar significados** com os estudantes, **checar o entendimento dos estudantes** a respeito de uma situação específica e **rever o progresso da história científica** recapitulando ou antecipando significados.

3.3 – MATERIAL E PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

O processo de ensino e de aprendizagem referente às interações através das quais professor e estudantes construíram o conceito de energia mecânica e suas formas, ocorreu em um período correspondente a sete encontros (duas aulas ou 90 minutos cada encontro, dois encontros por semana) no mês de setembro de 2003.

Uma aula de Física, gravada no dia 24 de setembro de 2003, em fita de vídeo-cassete, posteriormente transcrita, constituiu-se em dados para a análise do processo de ensino e de aprendizagem do presente estudo.

A gravação em vídeo não se constituía em uma prática rotineira na turma, entretanto, na tentativa de minorar os possíveis efeitos que esta estratégia pudesse provocar no comportamento dos estudantes, foram gravadas duas aulas antes daquela a ser utilizada para

análise. Tal estratégia foi utilizada para familiarização de alunos, de alunas e professor com o equipamento e o operador do mesmo.

Em função da necessidade de contextualizar o ensino de Física, para que ele pudesse ter significado para o estudante, como destacam Santos e Schnetzler (2000) no ensino de Química (Vide, Parte 1, p. 4), a introdução do tema tratado neste estudo aconteceu a partir de um vídeo de 11 minutos de duração que, entre outras questões, destacou-se a importância dos elementos de uma cadeia alimentar, o Sol que é a fonte externa de energia, a partir da qual as plantas realizam a fotossíntese para produzirem seu próprio alimento, destacando, ainda, o fato de que: Nada é perdido no ciclo alimentar natural. Tudo é transformado.

A sistematização do conteúdo referente ao tema deste estudo se deu a partir de discussões com os estudantes, tendo como ponto de partida para estas discussões, as possíveis relações entre o tema tratado no vídeo e o conteúdo referente ao princípio de conservação de energia, de forma geral, e o conceito de energia mecânica e suas formas de modo particular.

Para a análise do processo de ensino e de aprendizagem, tomou-se por base, as discussões estabelecidas entre o professor e os estudantes, a partir de uma atividade, em que, uma esfera desce, a partir do repouso, em um plano inclinado. Complementava esta atividade, uma segunda situação, em que uma esfera, percorria, a partir do repouso, um semicírculo construído a partir de um conduto plástico (Figura 17, p. 82).

O professor iniciou as atividades demonstrando os dois modelos que constavam na tarefa a ser realizada pelos estudantes, discutindo os elementos que deveriam ser considerados, como o plano de referência para a determinação da energia potencial gravitacional, o ponto, em cada situação, de onde a esfera seria abandonada, sendo que, no caso do plano inclinado, esferas de diferentes materiais, como vidro, metal e plástico, foram colocadas para que os estudantes pudessem observar a descida de cada uma, sendo chamado à atenção, ainda, para o fato de que, as atividades deveriam ser realizadas, tendo como base, os modelos apresentados.

Optamos por realizar esta e as demais atividades de ensino e de aprendizagem em grupos, de em média quatro estudantes cada, grupos, estes, formados de livre escolha. Esta opção se justifica por levarmos em consideração o que Vygotsky denominou como *lei genética geral do desenvolvimento cultural* (item 2.3, p. 17).

Segundo esta lei, qualquer função presente no desenvolvimento cultural da criança aparece duas vezes ou em dois planos distintos. Ou seja, primeiro aparece no plano social e, depois, então, no plano psicológico, ou então, em princípio aparece entre as pessoas e como uma categoria interpsicológica, para depois aparecer na criança, como uma categoria intrapsicológica, sendo isso válido para *a formação de conceitos*.

Os episódios de ensino e de aprendizagem analisados a seguir (item 4.3, p. 43), surgiram das interações entre o professor e os estudantes que compunham cada um dos grupos que realizavam a tarefa. Cabe lembrar, que após este processo de discussão com os grupos, era realizada a sistematização da temática constante na tarefa, em discussão com a turma como um todo, onde questões que não eram levantadas durante a interação com os grupos, como, por exemplo, a dissipação da energia mecânica no sistema analisado, era, então, abordada.

Para selecionar os episódios que seriam analisados, tomou-se, como critério, a forma como cada grupo construiu, na interação com o professor, a resposta para a seguinte questão: em que tipo de energia, a energia mecânica associada à esfera no ponto A do plano inclinado, se transformaria ao chegar no ponto B do mesmo (Figura 6, p. 43).

Os episódios selecionados foram divididos em segmentos, de acordo com os passos dados pelos estudantes rumo à explicação buscada.

Foram utilizados, ainda, como material de análise, os resultados apresentados em um pré-teste (Figura 16, p. 78), realizado no mês de junho de 2003, e de um pós-teste, idêntico ao pré-teste, realizado uma semana após o processo de ensino.

Como pré e pós-testes, optamos por utilizar parte de uma série de questões seguindo o modelo metodológico de Terrazzan (1985), como resultado de um estudo que desenvolveu para identificar a conceituação não convencional de energia no pensamento de estudantes. As

questões que foram selecionadas, por se referirem a energia potencial gravitacional, possibilitariam uma maneira de comparação da forma de pensar dos estudantes sobre o tema, antes e após o processo de ensino, o que poderia ajudar na compreensão de como se dá a construção do conceito de energia mecânica e suas formas, além de ser ter uma idéia se o processo de ensino proporcionou ou não uma evolução conceitual.

Buscaremos evidenciar, em nossas análises, a presença ou não de evolução conceitual decorrente do processo de ensino e aprendizagem, a partir das respostas fornecidas pelos estudantes no pré e pós-testes, bem como, do ponto de vista das interações e produção de significados em sala de aula, procuraremos evidenciar, ainda, as *intenções* do professor, o *conteúdo* do discurso, a *abordagem comunicativa*, os *padrões de interação* e as formas de *intervenções* do professor, de acordo com as categorias propostas por Mortimer e Scott (2002).

PARTE 4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

4.1 – PRÉ – TESTE

A utilização do pré-teste teve como objetivo, identificar conhecimentos de energia mecânica e suas formas, demonstrados por estudantes de série inicial do ensino médio, ao responderem questões propostas sobre o tema (ver p. 6). Estas respostas foram analisadas e categorizadas (Figura 1, p. 32), de modo a servirem de referência para a verificação da ocorrência ou não de evolução conceitual na forma de pensar destes estudantes, no que se refere ao tema em questão, resultante das atividades desenvolvidas.

As respostas fornecidas no pré-teste serviram, ainda, de subsídio para as discussões que foram implementadas no contexto de sala de aula, pois, a partir destas respostas, foi possível perceber a forma como os estudantes se manifestaram sobre a temática energia mecânica, o que possibilitou um melhor planejamento das atividades relacionadas ao processo de ensino e de aprendizagem, que antecederam o pós-teste.

Participaram do pré-teste um grupo de 32 estudantes, mas, para responder os objetivos deste estudo foram consideradas apenas as respostas de 29 estudantes, por terem participado do pré-teste e do pós-teste.

Cabe lembrar, inicialmente, que as questões tomadas para análise, foram aquelas que estavam diretamente inquirindo sobre a temática energia mecânica e suas formas, ou seja, a questão 2 do problema 1 e a questão 2 do problema 2 (Figura 16, p. 78). As questões 1, dos problemas 1 e 2, serviram de preparação para que a atenção do estudante se voltasse para as questões 2 e, na análise de suas respostas, serviram como subsídio para a interpretação que se fez das mesmas.

As informações que os estudantes forneceram foram analisadas e categorizadas de acordo com a coerência demonstrada no conjunto de manifestações que envolviam as duas questões que compunham o pré-teste.

As variáveis envolvidas na situação problema objeto deste estudo foram a massa das bolinhas e a altura de onde eram abandonadas, tanto no problema 1, em que a bolinha caía em queda livre, como no problema 2, em que a bolinha era abandonada de forma a percorrer um plano inclinado. Em ambas as situações, a energia associada à bolinha dependia de sua massa e da altura em que se encontrava em relação ao referencial (figura 16).

As respostas dos estudantes foram classificadas em cinco categorias, ou formas de pensamento, de acordo com a coerência das respostas para o conjunto das questões em. As categorias foram nomeadas de C1 a C5, em ordem crescente segundo a complexidade das idéias apresentadas pelos sujeitos do estudo e de acordo com a proximidade do conceito escolar de energia mecânica e suas formas, de modo que, a categoria C1, corresponde às idéias mais afastada do conceito escolar de energia mecânica e a categoria C5 corresponde às idéias mais próxima deste conceito.

Algumas categorias apresentam sub-divisões, como por exemplo a categoria C2, que apresenta os níveis A, B e C (C2A, C2B e C2C), níveis estes equivalentes entre si, por se referirem à idéias com mesma ordem de complexidade, assim como, na categoria C3, os níveis A e B (C3A e C3B) e na categoria C4, os níveis A e B (C4A e C4B), também são equivalentes entre si.

A ocorrência de evolução conceitual no pensamento do estudante será demonstrada se, após o processo de ensino e de aprendizagem, a idéia apresentada no pós-teste for classificada em uma categoria acima daquela em que foi classificada no pré-teste, visto que, o desejado será uma migração das idéias em direção a categoria C5, categoria esta, que se refere as idéias mais próximas do conceito escolar de energia mecânica e suas formas.

Na figura 1 a seguir estão representadas as categorias de análise construídas a partir das informações fornecidas pelos estudantes ao responderem as questões do pré-teste.

Categorias de Análise	Significados	
C1	Não demonstraram uma coerência em suas manifestações.	
C2	A	Relação inversa entre altura relativa ao referencial e energia.
	B	A massa ou peso da bolinha mantém uma relação inversa com a energia.
	C	A altura relativa ao referencial prevalece sobre o peso da bolinha, com o peso mantendo uma relação inversa com a energia.
C3	A	A energia apresenta uma relação direta com a altura da bolinha relativamente ao referencial.
	B	A energia apresenta uma relação direta com a massa.
C4	A	A altura relativa ao referencial prevalece sobre a massa da bolinha
	B	A massa ou peso da bolinha prevalece sobre sua localização relativa ao referencial
C5	Acontece uma espécie de compensação entre a massa e a altura da bolinha relativa ao referencial.	

Figura 1 – Categorias de análise construídas a partir das respostas dos estudantes ao pré-teste.

Para melhor visualização da distribuição da frequência de idéias dos estudantes nas diversas categorias consideradas neste estudo (ver figura 1), tanto de modo quantitativo como nominalmente, podemos considerar a figura 2 (página 32) e a figura 3 (página 47).

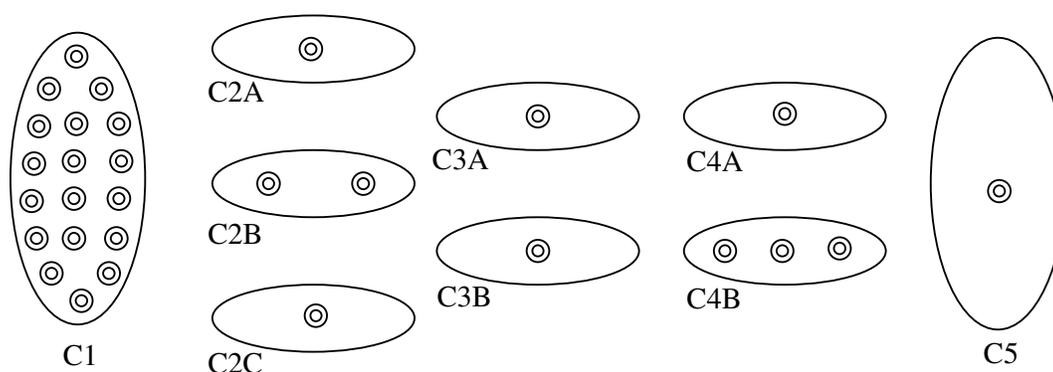


Figura 2 - Distribuição da frequência quantitativa das idéias de estudantes, nas categorias de pensamento estabelecidas, no pré-teste. (Conceito de energia mecânica e suas formas, NPI/UFPA, 2003. N = 29).

LEGENDA: ⊙ – indica a classificação de um estudante na categoria de pensamento.

Na **categoria de pensamento C1**, foram distinguidos 18 estudantes (Figuras 2 e 3), por **não demonstrarem uma coerência em suas manifestações**, observadas a partir de suas

respostas ao pré-teste. De acordo com o critério utilizado para classificar o pensamento dos estudantes, esta categoria é aquela que se encontra mais afastada do conceito escolar de energia mecânica.

Para ilustrar esta classificação, tomar-se-á o exemplo 1 e o exemplo 2 que, de acordo com as manifestações, em uma primeira situação, a altura foi considerada na determinação da energia e, na situação seguinte, a massa foi considerada para esta determinação.

Exemplo 1 – Questão 2 do problema 1 – E07.

- As duas bolinhas têm energias iguais, porque a altura de onde foram abandonadas tem a mesma distância;
- A bola B, porque sua altura é maior do que a altura da bola A;
- A bola A, porque sua altura tem maior distância;
- A bola A, porque sua altura é maior.

Exemplo 2 – Questão 2 do problema 2 – E07.

- A bolinha A, porque sua massa é maior em relação a massa da bolinha B;
- As duas bolinhas tem energia iguais, porque o valor de suas massas são iguais;
- A bolinha A, porque sua massa é maior;
- A bolinha A, porque sua massa é maior, possibilitando mais energia.

Ao observar os exemplos ilustrativos apresentados acima, pode-se perceber que o estudante E07 considera no primeiro momento, a variável altura como determinante para definir a bolinha que apresenta mais energia, entretanto, no momento seguinte, a variável considerada para este fim é a massa da mesma.

No pensamento do estudante E09 (Figura 3, p. 34), fica demonstrado uma **relação inversa entre altura relativa ao referencial e energia**, apesar de em algumas de suas respostas fazer referência à massa da bolinha. Se por um lado, nas situações em que as alturas das bolinhas eram idênticas, as massas foram consideradas na determinação da energia, por outro lado, quando a altura de uma das bolas era maior, a energia foi considerada menor, e vice-versa, não importando para isso se a massa fosse maior ou menor. Este tipo de pensamento será classificado como **sub-categoria C2A da categoria C2** (ver exemplo desta forma de pensar na p. 34).

Estudante	C1	C2A	C2B	C2C	C3A	C3B	C4A	C4B	C5
E01	X								
E04			X						
E05						X			
E06				X					
E07	X								
E08	X								
E09		X							
E10	X								
E11	X								
E12	X								
E13	X								
E14	X								
E15	X								
E16								X	
E19	X								
E20	X								
E22	X								
E23	X								
E24	X								
E25									X
E26	X								
E28	X								
E29								X	
E30	X								
E31							X		
E32	X								
E33			X						
E34					X				
E35								X	

Figura 3 - Classificação da frequência do conhecimento de estudantes, de acordo com a forma de pensamento demonstrada, no pré-teste (Conceito de energia mecânica e suas formas, NPI/UFPA, 2003. N = 29).

LEGENDA: X – indica a classificação de um estudante em uma categoria de pensamento proposta neste estudo.

A relação inversa entre altura e energia (sub-categoria C2A da categoria C2) ficou caracterizada no pensamento demonstrado pelo estudante E09, conforme mostra-se no exemplo 3 a seguir.

Exemplo 3 – Questão 2 do problema 2 – E09.

- A bolinha que tem mais energia é a bolinha A porque possui o número de massa maior;
- A bolinha que tem mais energia é a bolinha A porque possui distância menor;

- A bolinha que tem mais energia é a bolinha B, porque possui massa e distância menores;
- A bolinha que tem mais energia é a bolinha A porque possui distância menor.

Dois estudantes, E04 e E33 (Figura 3, acima) demonstraram uma forma de pensamento, que será classificada como **sub-categoria C2B da categoria C2**, em que, **a massa ou peso da bolinha mantém uma relação inversa com a energia**. Para estes estudantes, menor massa significa maior energia, e vice-versa. No conjunto dessas respostas a altura das bolinhas não foi importante para a determinação da energia. Esta forma de pensamento pode ser exemplificada a partir das respostas fornecidas pelo estudante E04, no exemplo 4, mostrado a seguir.

Exemplo 4 – Questão 2 do problema 1 – E04.

- A bola A, por que tem menos massa do que a B;
- A bola B, porque a altura dela é maior e puxa mais energia do que A;
- A bola B, porque tem menos massa e tem mais energia por ser leve;
- A bola A, porque tem menos massa e tem mais energia do que B.

As respostas fornecidas pelo estudante E04, para o problema 1 da questão 2 (exemplo 4), em uma das situações a altura é levada em consideração para a determinação da bolinha que apresenta maior energia: “A bola B, porque a altura dela é maior e puxa mais energia do que A”. No entanto, nas demais situações, a maior quantidade de energia é associada à bolinha que apresenta a menor massa.

As respostas do estudante E06, que será classificada na **categoria C2, sub-categoria C2C**, demonstram uma forma de pensamento em que **a altura relativa ao referencial prevalece sobre o peso da bolinha, com o peso mantendo uma relação inversa** na determinação da energia. O estudante E06 não fornece, em suas respostas, indícios que indiquem se o termo peso é utilizado como sinônimo, ou de forma distinta ao termo massa. Ao considerar o termo peso na determinação da energia, ele o faz de forma inversa, ou seja, maior peso menor energia, e vice-versa (exemplo 5).

Exemplo 5 – Questão 2 do problema 2 – E06.

- É a bolinha A por ser mais leve tem maior agilidade;

- É a bolinha B. Por estar longe do bloco possui mais tempo para ficar com energia;
- É a bolinha A por estar mais distante do bloco;
- É a bolinha B, por estar mais distante e possuir menor peso.

A **categoria C3, sub-categoria C3A**, corresponde a uma **relação direta entre energia e a altura da bolinha relativamente ao referencial**. Esta sub-categoria, da categoria C3, é associado ao pensamento do estudante E34 (figura 2, p. 47). Para este estudante, a massa não tem influência para a determinação da energia associada à bolinha, como é possível inferir a partir de suas repostas apresentadas a seguir (exemplo 6).

Exemplo 6 – Questão 2 do problema 1 – E34.

- A bola B, por estar mais distante da mola;
- A bola B, por estar mais distante da mola;
- A bola “A”, por estar mais distante da mola;
- A bola “A”, por estar mais distante da mola;

O estudante E05 demonstrou uma forma de pensamento, que será classificado na **sub-categoria C3B, da categoria C3**, segundo o qual, **a energia apresenta uma relação direta com a massa**. Para este estudante, a altura relativa ao referencial adotado parece não ter influencia na determinação da energia (exemplo 7).

Exemplo 7 – Questão 2 do problema 2 – E05.

- A bolinha A porque tem mais massa;
- As duas tem a mesma energia porque tem a mesma massa;
- A bolinha A porque tem mais massa;
- A bolinha A porque tem mais massa.

No pensamento do estudante E31, classificado na **categoria C4, sub-categoria C4A**, a determinação da energia, aparece como **a altura prevalecendo sobre a massa da bolinha**. Nesta situação, o estudante E31, leva em consideração a massa da bolinha para a determinação da maior energia. Entretanto, ao ter que optar por uma situação em que uma bolinha de massa $2m$ se encontra a uma altura h e uma outra bolinha de massa m que se encontra a uma altura $2h$, em que, do ponto de vista do conceito escolar de energia potencial gravitacional as duas bolinhas apresentam a mesma energia, prevalece, para o estudante, a

situação de maior altura para decidir que bola apresenta maior energia, como podemos perceber no conjunto de suas respostas apresentadas no exemplo 8.

Exemplo 8 – Questão 2 do problema 1 – E31.

- Bola B porque tem maior massa;
- Bola B. Porque h é maior e cai com mais força;
- Bola A. Porque além da h ser maior (força) tem maior massa;
- Bola A. Porque é abandonada de local mais alto e é puxado com maior força pelo campo gravitacional.

Três estudantes (E16, E29 e E35) manifestaram uma forma de pensamento, classificado na **sub-categoria C4B, da categoria C4**, em que ocorre uma **prevalência da massa ou peso da bolinha sobre a sua localização relativa ao referencial**, na determinação da energia associada à bolinha. Não foi possível, aqui, em várias das situações observadas, perceber se o estudante fez uma distinção entre os termos massa e peso ou se estão utilizando-os como sinônimos.

Em algumas manifestações a altura de onde a bolinha era abandonada tinha uma relação direta com a velocidade, ou seja, a explicitação da altura ocorria através do termo velocidade. Indicaremos como exemplo da forma de pensamento categorizada nesta sub-categoria da categoria C4, as respostas do estudante E29 (exemplo 9).

Exemplo 9 – Questão 2 do problema 1 – E29.

- A bola “B” pois tem mais massa;
- A bola “B” que está sendo jogada de maior altura;
- A bola “A” que está sendo lançada de maior altura e tem maior massa;
- A bola “B” que tem maior massa.

Assim como ocorre na sub-categoria C4A da categoria C4, o estudante E29, cujas respostas são mostradas no exemplo 9, leva em consideração, além da massa da bolinha, a localização dela em relação ao referencial na determinação da maior energia. No entanto, no caso em que é confrontado com a situação na qual a bolinha A, de massa m e localizada a uma altura $2h$, é comparada com a bolinha B, de massa $2m$ e localizada a uma altura h , que do

ponto de vista do conceito escolar de energia apresentariam a mesma energia, ele faz opção pela bolinha B, por possuir a maior massa.

Uma espécie de compensação entre massa e altura das bolinhas, que corresponde à **categoria C5**, foi uma forma de pensamento demonstrado por um estudante no conjunto de suas respostas. Cabe destacar, que se variarmos a relação entre massa (m) e altura (h), ou seja, maior altura e menor massa ou menor altura e maior massa, mantendo o produto mh constante, resulta na igualdade entre as energias associadas às bolinhas. Esta forma de pensamento está caracterizada pelas respostas do estudante E25, conforme mostrado no exemplo 10.

Exemplo 10 – Questão 2 do problema 1 – E25.

- A bola B tem mais energia porque tem maior massa e maior altura;
- A bola B tem maior energia porque tem mais altura;
- A bola A tem mais energia porque tem maior massa e altura;
- As bolas A e B tem energias iguais porque A tem maior altura e menor massa e B por ter maior massa e menor altura igualando assim as energias.

A forma de pensamento classificada nesta categoria, esta de acordo com o conceito escolar de energia potencial gravitacional, por levar em consideração a massa e a altura relativa ao referencial, considerando ainda, que as grandezas massa e altura se relacionam de forma inversamente proporcional na determinação da energia potencial gravitacional.

No processo de ensino, para promover a aprendizagem do conceito de energia mecânica e suas formas, trabalhamos com o objetivo de levar os estudantes a migrar da categoria C1 (cuja forma de pensamento não apresenta coerência no que diz respeito ao conceito escolar de energia mecânica e suas formas) à categoria C5, por ser a categoria, cuja forma de pensamento, expressa neste estudo, está de acordo com o conceito escolar de energia potencial gravitacional, que é uma das formas que a energia mecânica pode assumir.

Os resultados deste estudo, apresentados a partir do pré-teste, indicaram que deve ser dada ênfase a importância da massa do objeto em questão, assim como a altura em relação ao referencial adotado, para a situação em que a aceleração da gravidade é idêntica.

Os resultados também indicaram, que nos processos de ensino e de aprendizagem, devem ser dadas especial atenção à negociação de significados com os estudantes, de modo que, fique evidente, por exemplo, se o estudante está usando o termo peso como equivalente ao termo massa ou se ele utiliza-o de acordo com os significados de cada um no contexto escolar.

4.2 – PÓS –TESTE

O pós-teste, mesmo instrumento anteriormente usado como pré-teste, foi utilizado para identificar, após o processo de ensino e de aprendizagem, a ocorrência de evolução na forma de pensar inicial dos estudantes, demonstrados em relação ao assunto em que foram testados: o conceito de energia mecânica e suas formas.

As informações fornecidas pelos estudantes no pós-teste foram sistematizadas de acordo com as categorias estabelecidas para o pré-teste, considerando-se a ocorrência de evolução de pensamento dos estudantes, nas respostas que puderam ser classificadas em uma categoria acima daquela que, inicialmente, havia sido classificada no pré-teste.

As figuras 4 e 5 apresentam, para uma melhor visualização, a distribuição dos estudantes, após o pós-teste, nas diversas categorias de evolução de pensamento consideradas, na forma quantitativa e nominalmente, apresentadas pelos sujeitos deste estudo.

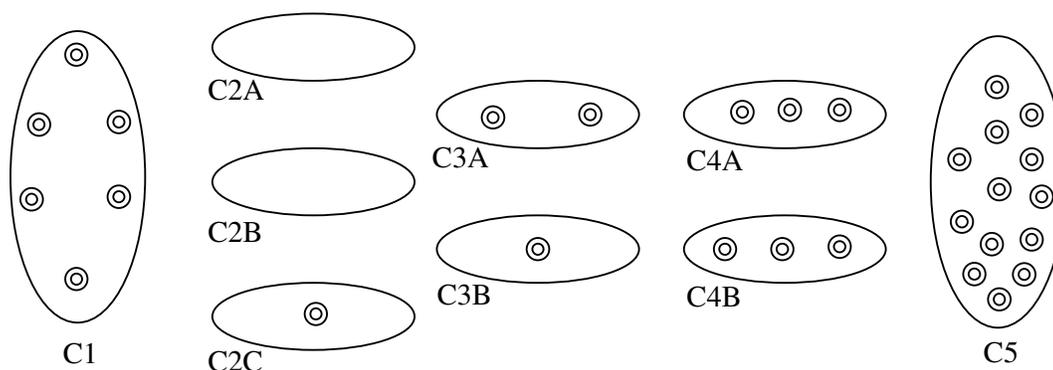


Figura 4 - Distribuição da frequência quantitativa do conhecimento de estudantes, nas categorias de pensamento estabelecidas, no pós-teste. (Conceito de energia mecânica e suas formas, NPI/UFPA, 2003. N = 29).

LEGENDA: ⊙ - indica um estudante na classificação da categoria de pensamento.

Estudante	C1	C2A	C2B	C2C	C3A	C3B	C4A	C4B	C5
E01									XP
E04				X					
E05									X
E06							X		
E07					X				
E08									X
E09					X				
E10									X
E11	X								
E12									X
E13	X								
E14						X			
E15									XP
E16									XP
E19							X		
E20									X
E22	X								
E23	X								
E24	X								
E25									X
E26									X
E28	X								
E29									X
E30								X	
E31									XP
E32									XP
E33							X		
E34								X	
E35								X	

Figura 5 - Classificação da frequência do conhecimento de estudantes, de acordo com a forma de pensamento demonstrada, no pós-teste (Conceito de energia mecânica e suas formas, NPI/UFPA, 2003. N = 29).

LEGENDA: X – indica a classificação de um estudante em uma categoria de pensamento proposta neste estudo.

XP – indica a classificação de um estudante em uma categoria de pensamento proposta neste estudo de forma parcial.

De um modo geral, ao compararmos as informações do pré e do pós-testes (Figuras 3 e 5), dos 29 estudantes que se constituíram a amostra deste estudo, pode-se observar que a forma de pensamento de aproximadamente 69% dos sujeitos deste estudo (20 estudantes), mostraram evolução de pensamento, alocando suas informações em categorias acima daquelas observadas no pré-teste.

Dos 20 estudantes que demonstraram evolução de pensamento, segundo os critérios utilizados neste estudo, 60% deles, 12 estudantes, demonstraram uma forma de pensamento correspondente à categoria C5, enquanto que 40% dos estudantes (8 estudantes), demonstraram evolução de pensamento, sem, no entanto, atingirem a categoria C5.

Do total de 29 estudantes que participaram deste estudo, 31% dos estudantes, que correspondem a 9 estudantes, não demonstraram, pelo menos em relação as respostas fornecidas no pré e pós-testes, uma evolução de pensamento, sendo que, destes, 06 estudantes se mantiveram na categoria C1, 01 na categoria C2, 01 na categoria C4 e 01 na categoria C5.

Os estudantes E08, E10, E12, E20 e E26, mostraram evolução de uma forma de pensamento que não mostrou coerência nas suas respostas (categoria C1), para uma forma de pensamento considerada adequada do ponto de vista do conceito escolar de energia potencial gravitacional (categoria C5).

Os estudantes E01, E15 e E32, evoluíram de uma classificação inicial na categoria C1, para uma classificação final na categoria C5, embora, neste caso, a evolução não tenha se concretizado de forma completa, uma vez que, enquanto na questão 2 do problema 1, tenham atingido a compensação, no problema dois da questão 2, houve prevalência da altura (C4A) no pensamento do estudante E01 e prevalência da massa (C4B) no pensamento dos estudantes E15 e E32.

Dois estudantes, ainda, demonstraram uma evolução de pensamento, de uma classificação inicial na categoria C3B (estudante E05) para uma classificação final na categoria C5 e de uma classificação inicial na categoria C4B (estudante E29) para uma classificação final na categoria C5.

Dois outros estudantes, E16 e E31, demonstraram, ainda, uma evolução de pensamento, que, no entanto, de acordo com os critérios estabelecidos para este estudo, não pode ser considerada uma evolução completa.

O estudante E16 evoluiu de forma parcial da categoria C4B para a categoria C5, uma vez que, enquanto na questão 2 do problema 1 obteve compensação (C5), na questão 2 do

problema 2, a forma de pensamento demonstrada nas suas respostas manteve a prevalência da massa (C4B).

Da mesma forma, o estudante E31 evoluiu de forma parcial da categoria C4A para a categoria C5, pois demonstrou uma forma de pensamento na questão 2 do problema 1 correspondente a categoria C5, enquanto para a questão 2 do problema 2, considerou a prevalência da massa (C4B) na determinação da maior energia.

Demonstraram, ainda, evolução de pensamento nas respostas fornecidas no pós-teste, embora sem atingir a compensação que corresponde à categoria C5, os estudantes E06, E07, E09, E14, E19, E30, E33 e E34. Os estudantes E07 e E14, evoluíram da categoria C1 para as categorias C3A e C3B, respectivamente, os estudantes E19 e E30, da categoria C1 para as categorias C4A e C4B, respectivamente, os estudantes E06 e E33, evoluíram, respectivamente, das categorias C2C e C2B para a categoria C4A, o estudante E09 evoluiu da categoria C2A para a categoria C3A e o estudante E34 da categoria C3A para a categoria C4B.

Os estudantes aqui denominados de E04, E11, E13, E22, E23, E24, E25, E28 e E35, não demonstraram, de acordo com os critérios estabelecidos neste estudo, uma evolução de pensamento a partir das respostas fornecidas no pré e pós-testes. Destes, 06 estudantes (E11, E13, E22, E23, E24 e E28), mantiveram uma forma de pensamento que corresponde à categoria C1. O estudante E04 manteve-se na categoria C2, o estudante E35 na categoria C4, enquanto que o estudante E25, que foi o único estudante a ser classificado na categoria C5 no pré-teste, manteve-se nesta categoria.

4.3 – PROCESSO DE ENSINO E DE APRENDIZAGEM

Na análise do processo de ensino e de aprendizagem, procuramos identificar nas explicações construídas nas interações em sala de aula, os elementos que pudessem indicar a forma dos estudantes construírem o conceito de energia mecânica e suas formas, na ótica da Teoria Sócio-Histórica.

Para selecionar os episódios que foram analisados, tomou-se, como critério, a forma como cada grupo construiu, na interação com o professor, a resposta para a seguinte questão: **em que tipo de energia, a energia mecânica associada à esfera no ponto A do plano inclinado, se transformaria ao chegar no ponto B do mesmo** (Figura 6).

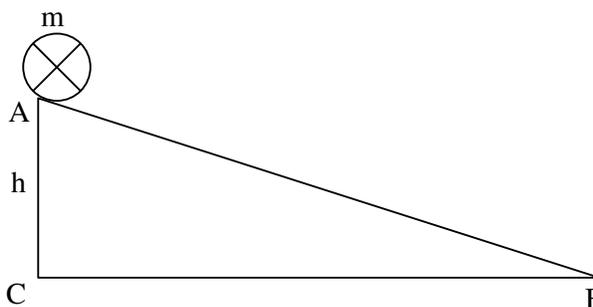


Figura 6 – Esquema representativo do plano inclinado na atividade que originou os episódios analisados.

Os episódios selecionados foram divididos em segmentos, de acordo com os passos dados pelos estudantes rumo à explicação buscada.

Buscamos evidenciar, em nossas análises, as *intenções* do professor, o *conteúdo* do discurso, a *abordagem comunicativa*, os *padrões de interação* e as formas de *intervenções* do professor, de acordo com as categorias propostas por Mortimer e Scott (2002).

Episódio 01 – grupo 01

O episódio transcrito a seguir, que vai do turno 04 ao turno 22, é de um grupo formado pelos estudantes E10, E16, E18 e E26. Este episódio se constituiu em apenas um segmento (Segmento 1), pois a explicação desejada do ponto de vista do conhecimento escolar, foi atingida após ser desfeito um equívoco de interpretação por parte dos estudantes.

Segmento 1 do episódio 01: ela não vai parar no ponto B?

Nos turnos 06 e 08, o estudante E26 afirma que a esfera não vai ter energia. O professor, no turno 09, pede que os estudantes justifiquem estas afirmações. O estudante E10, então, se manifesta no turno 10, na forma de uma pergunta para o professor: ela [a esfera] não vai parar no ponto B?

A manifestação demonstrada no turno 09, nos indica que as afirmações do estudante E26 nos turnos 06 e 08, estavam baseadas na interpretação do grupo de que a esfera pararia no ponto B. Deste modo, se estava parada (em repouso) no ponto B e este era o nível de referência, “então, ela não vai ter energia” (E26, turno 06).

O professor contra argumenta esta interpretação, questionando, no turno 11, se o problema indicava que a esfera parava no referido ponto e, no turno 15, chamando a atenção para o fato de que o problema em questão se referia ao modelo apresentado no início da atividade.

Do turno 04 ao turno 10, a **abordagem comunicativa** que ocorre entre as vozes assume, preponderantemente, uma forma **interativa dialógica**, pois a ação do professor se mostra voltada para a busca de compreensão e criação de significados.

Do turno 11 ao turno 22, entretanto, a **abordagem comunicativa** do professor muda para a forma **interativa de autoridade**, pois suas intervenções ocorrem no sentido de levar os estudantes a concluírem sobre as modalidades de energia que poderiam ser associadas à esfera ao descer o plano inclinado e passar pelo ponto B que se encontrava no nível de referência estabelecido para a energia potencial gravitacional.

Ao mesmo tempo em que a intervenção pedagógica do professor resultou em um **padrão de interação**, no turno 09, do tipo **I – R – P – R**, em que a ação discursiva “porque?” buscava o prosseguimento da fala do estudante, no turno 11, o professor fornece um *feedback* avaliativo, o que resulta em uma cadeia de interação do tipo **I – R – A**.

Neste sentido, suas ações se desenvolveram com a **intenção de guiar os estudantes na aplicação das idéias científicas** a um contexto específico.

A **intervenção do professor** nos turnos 09 e 11 ocorreu no sentido de **checar o entendimento dos estudantes** acerca das suas afirmações nos turnos 06 e 08, o que redirecionou as suas interpretações acerca da situação que estava sendo analisada pelo grupo, como podemos inferir das suas manifestações demonstradas nos turnos 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21 e 22, levando-os a concluir, de forma aceitável, do ponto de vista do conceito escolar, que a forma de energia associada à esfera, naquele ponto, era a cinética.

Assim como nos turnos 06, 08 e 10, onde os estudantes relacionam as entidades repouso e ponto de referência com a ausência de energia associada à esfera, nos turnos 16, 18, 19, 20, 21 e 22, os estudantes atribuem uma relação entre as entidades movimento e energia cinética, o que caracteriza um **discurso explicativo dirigido pela teoria**, de acordo com as categorias propostas por Mortimer e Scott (2002).

A seguir, na figura 7, estão sintetizados os aspectos chave do segmento de acordo o critério utilizado para a análise.

Abordagem Comunicativa	Interativa de Autoridade
Padrões de Interação	I – R – A e I – R – P – R
Intenções do Professor	Guiar os estudantes na aplicação das idéias científicas
Formas de Intervenção	Checar o entendimento dos estudantes
Conteúdo do Discurso	Explicação dirigida pela teoria

Figura 7 - Síntese dos aspectos chave do segmento 1 (ela não vai parar no ponto B?) do episódio 1.

Turnos de falas referentes ao segmento 1 do episódio 01

- (04) E10. A forma ou formas de energia que pode ser associada à esfera ao chegar no ponto B.
- (05) P. Ao chegar no ponto B, não interessa o que vai acontecer depois do ponto B, quando ela estiver passando por B.
- (06) E26. Então, ela não vai ter energia.....
- (07) P. Hein?
- (08) E26. Ela não vai ter energia.
- (09) P. Por que?
- (10) E10. Ela não vai parar no ponto B?
- (11) P. Quem? O problema diz que ela para no ponto B?
- (12) E16. Não.
- (13) E10. Ah! É.....
- (14) E16. Não.
- (15) P. Foi por isso que eu peguei e disse pra vocês, ó, esta situação se refere àquela situação lá. (aponta para a mesa onde se encontram os instrumentos que compõe a situação problema). E eu segurei ela, lá, para não cair, e se eu não segurasse?

- (16) E10. Ela ia estar em movimento.
 (17) P. É. Agora eu quero quando ela chegar no ponto B.
 (18) E16. Ela tem energia cinética, a forma é energia cinética.
 (19) E18. É. É, porque é aqui embaixo... (aponta o ponto B).
 (20) E16. É, porque não tem elástica nem gravitacional.
 (21) E26. É, só energia cinética.
 (22) E10. É, ela pode estar em movimento.
 (O professor balança afirmativamente a cabeça e deixa os estudantes para atender a solicitação de outro grupo)

Episódio 02 – grupo 02

O episódio selecionado em decorrência das interações deste grupo (grupo 02), composto pelos estudantes E01, E07, E08 e E19, se constituiu em dois segmentos. No segmento 1, que vai do turno 01 ao turno 10, o professor busca que os estudantes expliquem quais as modalidades de energia mecânica que podem ser associadas à esfera no ponto A do plano inclinado.

Já no segmento 2, que vai do turno 17 ao turno 32, os estudantes são levados a explicar, em que formas de energia, a energia mecânica associada à esfera no ponto A, se transforma, à medida que a esfera desce o plano inclinado e atinge o ponto B do mesmo.

Segmento 1 do episódio 02: a esfera apresenta energia cinética na situação da questão 1?

Neste segmento, transcrito a seguir, que vai do turno 01 ao turno 10, o professor atuou no sentido de levar o estudante, neste estudo identificado como estudante E01, a explicar qual a forma de energia mecânica que pode ser associada à esfera, enquanto se encontra em repouso no ponto A, que é a situação apresentada na questão 1.

No turno 01, o professor solicita o estudante acerca da forma de energia que está associada à esfera e, nos turnos 05 e 06, sobre a existência da energia cinética, na situação em questão. O estudante E01 responde as perguntas do professor no turno 02, “é a gravitacional”, e no turno 07, “não”. Embora as respostas fornecidas pelo estudante sejam aceitáveis, para a situação em análise, o professor buscou, em ambas as situações, que o estudante justificasse ou confirmasse as suas respostas. É nesse sentido que ocorre a intervenção do professor no turno 03, “por que é gravitacional?” e, no turno 08, “por que, que não tem energia cinética?”.

O estudante justifica, então, as suas respostas anteriores no turno 04, “porque está comparando com a altura, com a massa”, e no turno 09, “porque ela não está em movimento”.

O professor, nestas interações, utiliza-se de uma **abordagem comunicativa** que pode ser caracterizada como **interativa de autoridade**, como é o caso das intervenções ocorridas nos turnos 03 e 08, em que o estudante é solicitado a justificar ou confirmar as suas respostas e nos turnos 05 e 10, onde o professor fornece um *feedback* avaliativo acerca das proposições do estudante.

Este conjunto de **interações** pode ser caracterizado como uma seqüência **I – R – F – R** em que o *feedback* do professor assume um caráter avaliativo, pois, ao questionar o estudante no turno 3, “por que é gravitacional?”, e no turno 08, “por que, que não tem energia cinética?”, está solicitando que o estudante confirme suas idéias anteriores, o mesmo ocorrendo no turno 05, “Ta. (...)” e no turno 10, “Porque ela não esta em movimento. (...)”, onde o professor fornece um *feedback* avaliativo.

Este discurso demonstra a **intenção**, por parte do mesmo, de **guiar o estudante na aplicação das idéias científicas**.

Assim como ocorreu no episódio 1, a **intervenção do professor**, neste segmento do episódio 2, se dá no sentido de **checar o entendimento dos estudantes**, pois buscou verificar os significados que estavam sendo atribuídos para a situação em questão, por parte dos estudantes que compunham o grupo onde ocorreram às interações apresentadas neste episódio.

O estudante, em função da solicitação do professor, estabelece a complementação da afirmação estabelecida no turno 02, “é a gravitacional”, no turno 04, “porque está comparando com a altura, com a massa” e da afirmação estabelecida no turno 07, “não”, no turno 09, “porque ela não está em movimento”, o que **caracteriza uma explicação dirigida pela teoria**.

A seguir, na Figura 8, estão sintetizados os aspectos chave do segmento de acordo o critério utilizado para a análise.

Abordagem Comunicativa	Interativa de Autoridade
Padrões de Interação	I – R – F – R
Intenções do professor	Guiar os estudantes na aplicação das idéias científicas
Formas de Intervenção	Checar o entendimento dos estudantes
Conteúdo do Discurso	Explicação dirigida pela teoria

Figura 8 - Síntese dos aspectos chave do segmento 1 (a esfera apresenta energia cinética na situação da questão 1?) do episódio 2.

Turnos de falas referentes ao segmento 1 do episódio 02

- (01) P. Vocês já definiram, na questão 1, qual tipo de energia está associada à esfera?
 (02) E01. É a gravitacional.
 (03) P. Por que é gravitacional?
 (04) E01. Porque está comparando com a altura, com a massa.
 (05) P. Ta. E, por exemplo, nessa situação aí (aponta para a esfera representada na posição A do plano inclinado), vai ter energia cinética?
 (silencio).
 (06) P. Nessa situação da questão 1, tem energia cinética?
 (07) E01. Não.
 (08) P. Por que, que não tem energia cinética?
 (09) E01. Porque ela não está em movimento.
 (10) P. Porque ela não está em movimento. E na situação 2. O que é que muda da questão 1 pra questão 2?

Segmento 2 do episódio 02: é isso que vocês tem que analisar.

Neste segmento, transcrito a seguir, que vai do turno 17 ao turno 32, o objetivo do professor é que o estudante identifique em que forma ou formas de energia, a energia potencial gravitacional associada à esfera no ponto A, será convertida, a partir do momento em que começa a descer o plano inclinado.

Deste modo, no intuito de conduzir o estudante rumo à resposta desejada, o professor estabelece uma **abordagem interativa de autoridade**, pois, ao repetir as respostas dos estudantes nos turnos 20, 24, 28 e 30, esta sinalizando para os mesmos, que as suas respostas estão sendo aceitas. Por outro lado, no final do episódio, o professor **muda a sua abordagem** para uma forma **interativa dialógica**, pois, em função da resposta do estudante no turno 31, “na energia cinética”, a proposição do professor no turno 32, “é isso que vocês têm que analisar”, deixa a resposta do estudante em aberto, sem fornecer uma avaliação, como vinha acontecendo nos turnos anteriores.

As **interações** decorrentes da ação discursiva do professor, podem, então, serem caracterizadas como uma tríade **I – R – A** (iniciação por parte do professor, resposta do estudante e *feedback*) e, no final do episódio, como uma cadeia do tipo **I – R – F – R**, uma vez que, a intervenção do professor no turno 32 não assume um caráter avaliativo.

Por outro lado, **nestas intervenções**, o professor atua, também, no sentido de sustentar a elaboração do estudante, **marcando significados**, como pode ser observado, por exemplo, no turno 24, “continua”, turno 28, “vai diminuir” e turno 30, “transformando”, em que o professor repete parte do enunciado do estudante, o que funciona para o mesmo como uma sinalização de que as suas respostas estão sendo aceitas e, ao mesmo tempo, que ele deve continuar a elaborar a sua fala.

Estas intervenções, demonstram, ainda, a **intenção**, por parte do professor, de **manter a narrativa** e sustentar o desenvolvimento da “estória científica”. Neste percurso, o estudante, ao relacionar o fato de que a energia potencial gravitacional, à medida que a esfera desce o plano inclinado, “(...) vai diminuir” (turno 27) e que “(...) está se transformando” (turno 29) “na energia cinética” (turno 31), fornece uma **explicação dirigida pela teoria**.

É importante ainda notar que, em função do diálogo estar ocorrendo entre o professor e um único estudante do grupo (E01), o professor deixa claro, no turno 32, que as respostas fornecidas devem refletir o consenso do grupo e não a posição de um único estudante.

A seguir, na Figura 9, estão sintetizados os aspectos chave do segmento de acordo o critério utilizado para a análise.

Abordagem Comunicativa	Interativa dialógica e interativa de autoridade
Padrões de Interação	I – R – F – R e I – R – A
Intenções do Professor	Manter a narrativa
Formas de Intervenção	Marcar significados
Conteúdo do Discurso	Explicação dirigida pela teoria

Figura 9 - Síntese dos aspectos chaves do segmento 2 (é isso que vocês tem que analisar.) do episódio 2.

Turnos de falas referentes ao segmento 2 do episódio 02

- (17) E01. Ela vai continuar, , ao ficar no plano inclinado, ela vai ter uma altura, ela vai continuar tendo energia gravitacional, ou, ela só vai ter, ela vai se transformar completamente?
- (18) P. Enquanto ela estiver descendo? Enquanto ela estiver descendo, significa que ela já chegou no ponto B?
- (19) E01. Não.
- (20) P. Não, né? Ela está descendo ainda, enquanto ela estiver descendo, ela tem algum desnível em relação ao nível de referência?
- (21) E01. Tem.
- (22) P. Se ela tem desnível, ela continua tendo energia potencial gravitacional?
- (23) E01. Continua.
- (24) P. Continua. Más ela é da mesma intensidade, da mesma quantidade, que na questão 1?
- (25) E01. Não.
- (26) P. O que é que vai acontecer? Ela vai aumentar, vai diminuir, vai acontecer o que?
- (27) E01. Ela vai diminuir.
- (28) P. Vai diminuir. E se ela diminuir, ela vai jogar energia fora? O que é que está acontecendo?
- (29) E01. A energia está, ta, , ela está se transformando.
- (30) P. Transformando. E, em que tipo de energia ela pode estar se transformando?
- (31) E01. Na energia cinética.
- (32) P. É isso que vocês têm que analisar

Episódio 03 – Grupo 03

Os quatro segmentos a seguir foram selecionados a partir de um episódio de ensino e aprendizagem que ocorreu entre o professor e um grupo de estudantes aqui denominados de E13, E28 e E31.

No segmento 1, o professor atua no sentido de que os estudantes desfaçam o equívoco entre os termos potência e energia, o que parece ocorrer, pelo menos para o estudante E31, no turno 13. Como o estudante E28 não compartilha destes significados, o professor, no segmento 2, oferece uma definição de potência ao grupo.

Enquanto no segmento 3, o professor interage no sentido de que os estudantes relacionem energia potencial gravitacional e altura, no segmento 4, esta interação ocorre na busca de relacionar energia cinética com velocidade e de que esta ocorre, na situação em estudo, a partir da mudança de altura ocorrida com aquela.

Segmento 1 do episódio 03: potência é energia?

No segmento transcrito abaixo, que vai do turno 03 ao turno 14, o professor buscava que os estudantes explicassem, em que forma de energia, a energia potencial gravitacional associada à esfera no ponto A, se transformaria ao descer o plano inclinado. Entretanto, no momento da interação, o grupo confunde potência com energia.

Em função da afirmação feita pelo estudante E31 no turno 03 de que a energia potencial gravitacional se transformaria em potência, inadequada do ponto de vista do conceito escolar de energia, o professor, no turno 04, intervém no sentido de checar o entendimento do grupo, ao questionar: “a energia potencial gravitacional (...) vai se transformar em potência?”

Ao tentar responder o questionamento do professor, o estudante E31, no turno 07, demonstra uma certa dificuldade para articular o seu pensamento. Nesse momento nos parece que ele, assim como os demais elementos do grupo, começam a tomar consciência de que há algum equívoco, de que precisam reelaborar o pensamento no sentido de estabelecer novas coordenações mentais, o que nos parece ser consistente com a forma como o professor interagiu com o grupo.

Como reflexo da compreensão de que precisavam refazer seus conceitos, os componentes do grupo voltaram a fazer novas conjecturas, como podemos perceber, através das interações estudante/estudante ocorridas nos turnos 09, 10 e 11, respectivamente: “(...) ela começa a descer”; “A energia começa a ser transformada” e “É, a energia vai ser transformada (...)”.

O professor, então, no turno 12 repete o enunciado dos estudantes (“A energia vai ser transformada”), o que evidencia uma avaliação, sinalizando para os estudantes que até àquele ponto a explicação está adequada, ao mesmo tempo em que ressalta elementos essenciais para a elaboração da resposta da situação em questão.

Entretanto, como isso representava apenas uma parte da explicação que os alunos deveriam fornecer, o professor inclui em sua avaliação, dois questionamentos, “de potencial gravitacional em potência?” e “potência é energia?”, relacionando o que os estudantes já

sabiam com o que ainda precisavam saber, trabalhando dessa forma dentro de uma ZDP mais ou menos comum ao grupo.

O estudante E31, no turno 13, responde “não” e o professor marca/reforça/avalia no turno 14. Aqui, o estudante E31, demonstra compreender que potência não é energia e, como os demais elementos do grupo não manifestam uma opinião em contrário, fica parecendo que a fala do estudante E31 corresponde à fala do grupo. O que indicaria a compreensão de que o grupo havia internalizado o fato de que potência não é energia.

O conteúdo do **discurso** no qual se engajou o professor nesta sequência de interações com os estudantes, varia de uma forma que pode ser caracterizada como **interativa dialógica**, quando, no turno 06, utiliza-se de um “porque”, com o intuito de que o estudante possa explicar melhor sua afirmação anterior, para uma forma **interativa de autoridade**, onde, nos turnos 12 e 14, atua de forma avaliativa.

Para tanto, desenvolve uma cadeia de **interações** do tipo **I – R – F – R ...**, onde fornece um feedback e solicita do grupo uma elaboração adicional em relação às suas afirmações, bem como, do tipo **I – R – A**, ao se posicionar de forma avaliativa em relação às elaborações dos estudantes.

A ação do professor, nessa seqüência, se da com a **intenção de eliciar e explorar as visões e entendimentos dos estudantes**, de modo a levar os mesmos a concluírem que potência não é energia. Neste sentido, a **intervenção do professor**, ocorre de forma a permitir que os estudantes procurem **explicar melhor as suas idéias** de que a energia vai se transformar em potência.

O conjunto de interações acima, além de caracterizar um **discurso** cujo conteúdo pode ser caracterizado como uma **explicação dirigida pela teoria**, sugere, ainda, que o compartilhamento dos significados no plano interpsicológicos parecem querer migrar para o plano intrapsicológico.

A seguir, na Figura 10, estão sintetizados os aspectos chave do segmento de acordo o critério utilizado para a análise.

Abordagem Comunicativa	Interativa dialógica e interativa de autoridade
Padrões de Interação	I – R – F – R e I – R – A
Intenções do Professor	Elicitar e explorar as visões e entendimentos dos estudantes
Formas de Intervenção	Permitir que os estudantes explicassem melhor as suas idéias
Conteúdo do Discurso	Explicação dirigida pela teoria

Figura 10 - Síntese dos aspectos chaves do segmento 1 (potência é energia?) do episódio 3.

Turnos de falas referentes ao segmento 1 do episódio 03

- (03) E31. O que acontecerá com está energia a partir do momento em que a esfera começa a descer o plano inclinado (estudante lê a Questão 2)? Ficou potência.
- (04) P. A energia potencial gravitacional, à medida que vai descer aqui (o professor aponta para o plano inclinado representado na ficha do estudante), à medida que a esfera vai descer, vai se transformar em potência?
- (05) E31. Vai.
- (06) P. Por que?
- (07) E31. Devido, é, parece que é, é, , ta perguntando, me esqueci agora, é uma variação de, ... , não sei o que.
- (08) E31. Ininteligível.
- (09) E31. Ela ainda está descendo né? A partir que, ela começa a descer...
- (10) E28. A energia começa a ser transformada....
- (11) E31. É, a energia vai ser transformada, aí ela.....
- (12) P. A energia vai ser transformada, de potencial gravitacional em potência?....., potência é energia?
- (13) E31. Não.
- (14) P. Não.

Segmento 2 do episódio 03: então, o que é potência?

No entanto, no segmento transcrito abaixo, que vai do turno 15 ao turno 25, enquanto o estudante E31 começa a rever os conceitos dos diferentes tipos de energia mecânica, no sentido de oferecer uma explicação para a situação em estudo (Questão 1), o estudante E28, demonstra não compartilhar os significados construídos nas interações anteriores, ao se posicionar nos turnos 17, 19 e 24.

Dessa forma, o professor retoma a questão discutida do episódio anterior, ao se manifestar nos turnos 18 e 21 (em que questiona: “O que é potência?”), na perspectiva de desfazer a confusão existente entre potência e energia, tentando levar, dessa forma, o estudante E28 a definir o que é potência e por consequência compreender que potência não é energia.

Nas interações que vão do turno 17 até o turno 21, há uma oscilação entre a intenção do professor (definir o que é potência), o estudante E28 persistindo no questionamento se potência é energia e o estudante E31 dizendo que potência não é energia.

Em mais uma tentativa de que o próprio estudante E28 concluísse que potência não é energia, o professor no turno 22, faz um *feedback* da conclusão já feita pelo estudante E31 no turno 15, “Vocês já falaram que tem três tipos de energia mecânica. Vocês já me falaram quais são os três”, e refaz a pergunta: “Potência é energia?”. Dessa forma, ao fazer uma intervenção destacando a existência de três tipos de energia mecânica, sinaliza para os estudantes que potência não é energia.

Embora a intenção do professor não tenha sido atendida, a interação acima serviu para que o estudante E28 assumisse, no turno 24: “Então não sei o que é potência (...)”. Diante do que, o professor, no turno 25, oferece uma definição para potência, num posicionamento que reflete um **discurso interativo de autoridade**, e um **padrão de interação** do tipo **I – R – A**.

A definição fornecida pelo professor, se mostrou necessário, no momento, a fim de dar continuidade à intenção inicial de que os estudantes explicassem em que tipo de energia mecânica, a energia associada à esfera no ponto A, se transformaria ao descer o plano inclinado, intenção esta encaminhada pelo professor ao questionar: “(...) é essa a situação da questão de vocês aí?”

Neste sentido, sua ação se dá, inicialmente, com a **intenção de guiar os estudantes no trabalho com as idéias científicas** no sentido de buscar compartilhar significados em relação ao termo potência e, em seguida, no sentido de **disponibilizar está idéia** ao grupo.

A sua **intervenção** variou entre **marcar significados** para a construção da estória científica, e **introduzir um termo novo** (a definição de potência), de modo que os estudantes pudessem fazer a diferença entre energia e potência.

Neste episódio, as interações entre os estudantes e o professor, não ocorreram de forma que permitissem aos mesmos, construir algum tipo de explicação, ou mesmo uma descrição dos fatos em discussão.

A seguir, na Figura 11, estão sintetizados os aspectos chave do segmento de acordo o critério utilizado para a análise.

Abordagem Comunicativa	Interativa de autoridade
Padrões de Interação	I – R – A
Intenções do Professor	Guiar os estudantes no trabalho com as idéias científicas e disponibilizar as idéias científicas/escolares
Formas de Intervenção	Marcar significados e introduzir um termo novo
Conteúdo do Discurso	Não houve

Figura 11 - Síntese dos aspectos chaves do segmento 2 (então, o que é potência?) do episódio 3.

Turnos de falas referentes ao segmento 2 do episódio 03

- (15) E31. Cinética. Olha, energia cinética, potencial gravitacional e elástica, não é mecânica?
 (16) P. É energia mecânica.
 (17) E28. Potência é energia mecânica professor?
 (18) P. O que é que é potência?
 (19) E28. É energia mecânica?
 (20) E31. Não. Não é.
 (21) P. Não. O que é potência?
 (os alunos falam ao mesmo tempo)
 (22) P. Vocês já falaram que tem três tipos de energia mecânica. Vocês já me falaram quais são os três. Potência é energia?
 (23) E31. Não.
 (24) E28. Então eu não sei o que é potência, nem trabalho.
 (25) P. A potência é, a, a, , a rapidez com que a energia é transformada, rapidez com que é transformada, é essa a situação da questão de vocês aí?

Segmento 3 do episódio 03: porque tem altura não pode ter energia cinética?

Superado o impasse relativo à questão de que potência seria ou não energia, discutido nos segmentos anteriores (segmentos 1 e 2), a atenção do professor se volta para o seu objetivo inicial, que é buscar que os estudantes expliquem, em que forma de energia, a energia potencial gravitacional associada à esfera no ponto A, se transforma ao descer o plano inclinado.

Como um passo inicial, a interação entre o professor e os estudantes, ocorridas no segmento transcrito a seguir, que vai do turno 29 ao turno 40, se deu no intuito de que os estudantes explicassem, qual o tipo de energia mecânica poderia ser associada à esfera enquanto se encontrava em repouso no ponto A. È neste sentido que se dá o questionamento

do professor no turno (29), “(...) nesta situação aqui (...) ela tem energia potencial gravitacional?”

Como o grupo demonstra estar elaborando mentalmente, mas não externaliza uma resposta, o professor, no turno 31, reelabora seu questionamento, focalizando um outro tipo de energia, de modo que os estudantes pudessem decidir quanto ao tipo de energia mecânica que estaria ali associada, se potencial gravitacional ou a cinética.

O estudante E31, nessa interação, reconhece que não pode ser associada à esfera energia cinética, enquanto esta se encontra no ponto A do plano inclinado, entretanto, associa sua explicação à característica essencial da energia potencial gravitacional, que é ter altura. O professor refaz a pergunta duas vezes, no turno 33 e no turno 35, na intenção de que o estudante E31 compreenda que a esfera no ponto A não tem energia cinética porque está em repouso e não porque tem altura. No entanto, por duas vezes, nos turnos 32 e 34, o estudante E31, insiste em responder que não tem energia cinética porque tem altura.

Como resultado das interações professor/estudante E31, o estudante E28 parecendo compreender que havia algum equívoco com relação às associações entre altura e energia cinética, elaborada pelo estudante E31, começa no turno 37 a elaborar uma nova relação para altura dentro da explicação que estava sendo solicitada pelo professor. No turno 38 o professor considera a resposta até então elaborada pelo estudante E28, de que a esfera no ponto A, “tem uma certa altura do nível de referência” e solicita uma elaboração adicional do estudante E28, no sentido de que ele relacione altura com energia potencial gravitacional, o que condiz com a sua intervenção do turno 38: “Então, por isso ela tem que tipo de energia? Devido à altura ela tem que tipo de energia?”.

Em função da resposta fornecida pelo estudante E28, no turno 39, de que a forma de energia associada à esfera é a “Potencial gravitacional”, a intervenção do professor, no turno 40, se deu no sentido de confirmar a idéia contida na resposta do estudante, ao mesmo tempo em que acrescenta que a energia potencial gravitacional “é um tipo de energia mecânica”. Com isso o professor chama a atenção dos estudantes de que existem outros tipos de energia mecânica, além da potencial gravitacional, o que poderia contribuir para a conclusão, por parte dos estudantes, da forma de energia mecânica, em que a energia potencial gravitacional seria transformada enquanto a esfera desce o plano inclinado.

A **abordagem comunicativa** foi do tipo **interativa de autoridade**, uma vez que a atuação do professor ocorreu no sentido de conduzir os estudantes rumo a uma explicação aceita do ponto de vista do conhecimento escolar, caracterizando um **padrão de interação** do tipo **I – R – A**.

Atuando com a **intenção de guiar os estudantes na aplicação das idéias científicas** o professor procura fazer suas **intervenções** no sentido de **checar o entendimento dos estudantes** no que diz respeito à forma de energia mecânica associada à esfera no ponto A, o que leva os mesmos a oferecerem uma **explicação** que pode ser caracterizada como sendo **dirigida pela teoria**.

A seguir, na Figura 12, estão sintetizados os aspectos chave do segmento de acordo o critério utilizado para a análise.

Abordagem Comunicativa	Interativa de autoridade
Padrões de Interação	I – R – A
Intenções do Professor	Guiar os estudantes na aplicação das idéias científicas
Formas de Intervenção	Checar o entendimento dos estudantes
Conteúdo do Discurso	Explicação dirigida pela teoria

Figura 12 - Síntese dos aspectos chave do segmento 3 (porque tem altura não pode ter energia cinética?) do episódio 3.

Turnos de falas referentes ao segmento 3 do episódio 03

(29) P. Ta. Então vamos,... , nesta situação aqui (aponta a situação na qual a esfera se encontra no ponto A do Modelo, presente na questão 1), ela tem energia potencial gravitacional?

(30) E31. hum...

(31) P. Ela tem aqui, na questão, ela pode apresentar energia cinética na questão 1?

(32) E31. Não. Ela tem altura.

(33) P. Não? Por que ela não tem energia cinética?

(34) E31. Ela tem altura.

(35) P. Ela não tem energia cinética por que ela tem altura?

(36) E31. É....

(37) E28. Não, ela ta, ... , ela tem uma certa altura do nível de referência.

(38) P. Então, por isso ela tem que tipo de energia? Devido à altura ela tem que tipo de energia?

(39) E28. Potencial gravitacional.

(40) P. Potencial gravitacional, que é um tipo de energia mecânica.

Segmento 4 do episódio 03: o que vai acontecer com a energia potencial gravitacional?

Internalizado o fato de que, a energia mecânica associada à esfera no ponto A é a energia potencial gravitacional, o professor retoma o seu objetivo inicial de buscar que os estudantes expliquem, em que forma de energia, a energia potencial gravitacional associada à esfera no ponto A, se transforma ao descer o plano inclinado.

Dando prosseguimento à busca da construção, pelos estudantes, da referida explicação, o professor conduz as discussões, como pode ser observado através das interações ocorridas nos turnos abaixo (42 a 56), de forma que, a **abordagem comunicativa** decorrente destas interações, pode ser caracterizada como sendo do tipo **interativa de autoridade**, com um **padrão de interação** condizente com a forma **I – R – A**.

Neste sentido, o professor atua com a **intenção de guiar os estudantes na aplicação das idéias científicas**, na busca de trabalhar os significados no desenvolvimento da explicação que os mesmos devem fornecer, onde, as suas **intervenções**, ocorrem no sentido de **checar o entendimento dos estudantes** acerca do tema tratado.

No turno 55, o professor parafraseia etapas anteriores na busca de focalizar as idéias discutidas até então e de confirmar os aspectos essenciais necessários para a elaboração da **explicação** a ser fornecida pelos estudantes, explicação esta, que pode ser caracterizada como **dirigida pela teoria**, pois os estudantes relacionam nesta explicação, a presença da energia cinética com velocidade ou, sua ausência, com repouso.

Dessa forma, a ação do professor parece ter contribuído para que os estudantes chegassem à conclusão de que a energia potencial gravitacional se transforma em energia cinética na situação proposta.

A seguir, na Figura 13, estão sintetizados os aspectos chave do segmento de acordo o critério utilizado para a análise.

Abordagem Comunicativa	Interativa de autoridade
Padrões de Interação	I – R – A
Intenções do Professor	Guiar os estudantes na aplicação das idéias científicas
Formas de Intervenção	Checar o entendimento dos estudantes
Conteúdo do discurso	Explicação dirigida pela teoria

Figura 13 - Síntese dos aspectos chaves do segmento 4 (o que vai acontecer com a energia potencial gravitacional?) do episódio 3.

Turnos de falas referentes ao segmento 4 do episódio 03

- (42) P. Más, ela pode ter energia cinética nessa situação aí (aponta para a Questão 1)?
 (43) E31. Pode.
 (44) E28. Pode.
 (45) P. Na situação da questão 1?
 (46) E31. Não.
 (47) E28. Ah!,..., Não.
 (48) P. Por que ela não pode, nessa situação, ter energia cinética?
 (49) E31. Porque, energia cinética, ela não se relaciona com a altura.
 (50) P. Relaciona com o que?
 (51) E31. Com velocidade.
 (52) P. Com velocidade. Ela tem velocidade?
 (53) E28. Não.
 (54) E31. Ta em repouso.
 (55) P. Não. Por conta dela estar em repouso, ela não tem energia cinética, ela só tem energia potencial gravitacional. À medida que ela for abandonada, que é a situação da questão 2, que é que vai acontecer com a energia potencial gravitacional?
 (56) E31. Vai se transformar em energia cinética.

Episódio 04 – Grupo 04

Do episódio de ensino e aprendizagem referente ao grupo 04, que é composto pelos estudantes aqui denominados de E02 e E25, foram selecionados, para análise, dois segmentos.

No segmento 1, que vai do turno 02 ao turno 18, o professor atua, preponderantemente, com o intuito de que os estudantes esclareçam os significados que estão atribuindo a termos como, “ponto morto”, “ponto zero”, entre outros, que aparecem em suas elaborações.

No segmento 2, que vai do turno 58 ao turno 71, a atuação do professor se dá no sentido de levar os estudantes a explicarem as formas de energia mecânica que podem ser

associadas à esfera, à medida que a mesma desce o plano inclinado e passa pelo ponto B do mesmo.

Segmento 1 do episódio 04: na busca de significados

Neste segmento, que vai do turno 02 ao turno 19, transcrito a seguir, o professor, ao buscar a explicação sobre a forma de energia mecânica que pode ser associada à esfera na situação da questão 1, em que a mesma encontra-se em repouso e com uma certa altura em relação ao referencial adotado, atua, também, no sentido de que os estudantes explicitem os significados atribuídos, por eles, a alguns termos utilizados em suas elaborações.

Nas interações que se seguiram, tanto o estudante E02 como o estudante E25 afirma que a energia associada à esfera no ponto A é a “potencial gravitacional” (turnos 03 e 04). Ao serem solicitados pelo professor, nos turnos 05 e 07, que justifiquem suas respostas, o estudante E25 se manifesta, no turno 08, afirmando que “(...) quanto mais alto (...) maior é a energia potencial.”

No turno 09, o professor, além de confirmar (“sim”) a resposta fornecida por E25 sugere, ainda, que o estudante continue na elaboração de sua explicação (“o que mais?”), pois, o objetivo do professor, como pode ser observado nos demais turnos da seqüência em questão, é verificar se os estudantes percebem e justificam a não existência de energia cinética associada à esfera no ponto A do plano inclinado.

É o estudante E02, no turno 10, que da continuidade à elaboração sugerida pelo professor ao afirmar que ela (a esfera) “ta no ponto morto” (...) “ta no ponto zero”. O professor, então, buscando verificar que significado o estudante está atribuindo aos termos “ponto morto” e “ponto zero”, inquiri o estudante no turno 11: “(...) como assim (...) ponto zero?”. É o próprio estudante E02 quem esclarece ao professor, no turno 12, ao afirmar que “ela está parada.”

Para a pergunta lançada pelo professor, no turno 13, se a esfera pode ter energia cinética no ponto A, o estudante E25, no turno 14, afirma que não, o estudante E02, no turno 16, busca complementar a afirmação do estudante E25, sugerindo que energia cinética está relacionada ao movimento (“Porque cinética é, , é, , um ponto em movimento, ,

constante”.....) e o estudante E02, no turno 18, reforça este pensamento afirmando que a esfera não possui energia cinética por que está em repouso (“Não, ela está, no ponto, parada”).

Em função da atuação do professor, no sentido de orientar o estudante em direção do ponto de vista do discurso científico/escolar que está sendo construído, a **abordagem comunicativa** tende a assumir a forma **interativa de autoridade**.

Enquanto no turno 09 o professor fornece um *feedback* (**padrão I – R – F ...**) de modo que o estudante possa continuar a elaborar a sua fala (“Sim. O que mais?”), predomina, no entanto, neste segmento, um **padrão de interação** do tipo **I – R – A**, onde a atuação do professor demonstra a **intenção** de **guiar os estudantes no trabalho com as idéias** relacionadas à situação em questão.

Deste modo, além de atuar no sentido de proporcionar a oportunidade de uma melhor elaboração das explicações por parte dos estudantes, o professor busca, ainda, em sua **intervenção**, que os mesmos explicitem os **significados atribuídos** por eles, no turno 10, para o termo “ponto zero”.

O **conteúdo do discurso** dos estudantes pode ser classificado, de acordo com as categorias propostas por Mortimer e Scott (2002), como uma **explicação dirigida pela teoria**, por se utilizarem, em suas explicações, de referentes criados por meio do discurso teórico das ciências, como pode ser observado nos turnos 04 e 08 : “potencial gravitacional (...) porque quanto mais alto (.....) maior é a energia potencial”.

Diferente do que ocorreu nos segmentos 1 e 2 do episódio 2, em que dos quatro integrantes do grupo apenas o estudante E01 se manifesta, neste segmento, os dois estudantes (E02 e E25) demonstraram estar compartilhando os significados atribuídos às situações em questão, pois os seus discursos, em vários momentos se mostraram complementares, como é o caso das seqüências formadas pelos turnos 08, 10 e 12 e pelos turnos 14, 16 e 18.

A seguir, na Figura 14, estão sintetizados os aspectos chave do segmento de acordo o critério utilizado para a análise.

Abordagem Comunicativa	Interativa de autoridade
Padrões de Interação	I – R – F – R e I – R – A
Intenções do Professor	Guiar os estudantes no trabalho com as idéias científicas
Formas de Intervenção	Checar o entendimento dos estudantes
Conteúdo do Discurso	Explicação dirigida pela teoria

Figura 14 - Síntese dos aspectos chaves do segmento 1 (na busca de significados) do episódio 4.

Turnos de falas referentes ao segmento 1 do episódio 04

02. P. Ta. Primeiro, pra vocês fazerem aqui, vocês tem que ter entendido aqui em cima, ta? Quando ela está aqui em cima, qual o tipo de energia que vocês associaram?
03. E02. Potencial gravitacional.
04. E25. Potencial gravitacional.
05. P. Por que potencial gravitacional?
06. E25. Por conta.....
07. P. Por conta de que? O que é que indica pra vocês que aqui é potencial gravitacional?
08. E25. Porque quanto mais alto maior é a potência. Maior é a energia potencial.
09. P. Sim. O que mais?
10. E02. Ela também ta no ponto morto. Ela ta, , no ponto, , zero, ... , ponto zero.
11. P. Ponto zero, como assim, ponto, ponto zero?
12. E02. Não, ela está parada.
13. P. Há..... , ela está parada, ela está parada e com uma certa altura em relação ao ponto B, por ela ter uma certa altura, ela vai ter energia potencial gravitacional. E ela pode ter energia cinética neste ponto? Nesta situação apresentada aqui?
14. E25. Não.
15. P. Por que ela não tem cinética?
(silêncio).
16. E02. Porque cinética é, , é, , um ponto em movimento, , constante.....
17. P. E neste ponto (o professor aponta para o ponto A da figura), ela está em movimento?
18. E02. Não, ela está, no ponto, parada.
19. P. Ela está parada. Ela está em repouso.

Segmento 2 do episódio 04: o que acontecerá com a energia potencial gravitacional?

Enquanto no segmento anterior o professor atua no sentido de que seja explicitado o sentido atribuído pelos estudantes ao termo “ponto zero”, neste segmento sua atuação é no sentido de proporcionar a oportunidade de os estudantes construírem uma explicação sobre a forma de energia mecânica que pode ser associada à esfera enquanto ela desce o plano inclinado e ao atingir o ponto B do mesmo.

É neste sentido que no segmento que vai do turno 58 ao turno 70, transcrito a seguir, o professor mantém um diálogo com os estudantes na busca de que estes expliquem, o que acontece com a energia potencial gravitacional associada à esfera no ponto A, à medida que a

mesma desce o plano inclinado e passa pelo ponto B, que é o ponto de referência adotado para a determinação deste tipo de energia.

Neste sentido, as explicações iniciam no turno 59 pelo estudante E02, ao responder que a energia associada à esfera, ao descer o plano inclinado, é a “cinética”, é complementada pelo estudante E25, no turno 62, após o questionamento do professor (turno 60): “só cinética?”, ao responder que “aumenta a cinética e diminui a (...) potencial”, argumentação esta corroborada no turno 64 pelo estudante E02, “aumentar a cinética” e concluída pelo estudante E25 para a situação em que a esfera passa pelo ponto B do plano, respondendo: “a gravitacional é zero”, no turno 68 e “a cinética é a maior”, no turno 70.

Deste modo, a **abordagem comunicativa** do professor pode ser caracterizada como um discurso **interativo de autoridade**, pois o mesmo buscou conduzir os estudantes para uma situação específica, que era responder o que iria acontecer com a energia potencial gravitacional associada à esfera no ponto A do plano inclinado.

Estas intervenções resultaram em **padrões de interação** do tipo **I – R – P – R**, onde a ação discursiva “sim”, no turno 69, permitiu o prosseguimento da fala do estudante E25, “a gravitacional é zero”, turno 68, e “a cinética é a maior”, turno 70, do tipo **I – R – F – R**, em que é fornecido um *feedback*, como ocorreu no turno 60, “só cinética?”, no sentido de levar o grupo a elaborar melhor a sua fala, onde, no turno 59, a fala do estudante E02, “cinética”, é complementada, no turno 62, pela fala do estudante E25, “aumenta a cinética e diminui a (...) potencial,” assim como, do tipo **I – R – A**, como no turno 71, em que o professor, além de reforçar a fala do estudante, “a maior possível”, utiliza-se do termo “Ok” de forma avaliativa.

Do ponto de vista das **intenções**, as ações do professor ocorreram, preponderantemente, no sentido de **manter a narrativa** dos estudantes em direção ao desenvolvimento da estória científica que estava sendo construída.

Nas suas **intervenções**, o professor ora atuou no sentido de **checar o entendimento** dos estudantes, como é o caso do turno 60, em que pergunta: “só cinética?”, ora no sentido de **marcar significados**, o que ocorre no turno 63, em que repete um enunciado: “vai começar a diminuir a potencial (...)”, ou ainda, no sentido de **rever o progresso da estória científica**,

como ocorreu no turno 65, em que resume o que tinha sido discutido até então: “(...) à medida que vai descendo diminui a gravitacional e aumenta a cinética (.....)”

Estas intervenções propiciaram que os estudantes fornecessem uma **explicação dirigida pela teoria** para o fato da energia potencial gravitacional se converter em energia cinética, uma vez que, enquanto a relação entre energia potencial gravitacional e altura relativa ao referencial por um lado, e, entre energia cinética e velocidade por outro, estão implícitas neste segmento, no anterior, estas relações são estabelecidas durante as interações entre os estudantes e o professor.

A seguir, na Figura 15, estão sintetizados os aspectos chave do segmento de acordo o critério utilizado para a análise.

Abordagem Comunicativa	Interativa de autoridade
Padrões de Interação	I – R – P – R; I – R – F – R e I – R – A
Intenções do Professor	Manter a narrativa
Formas de Intervenção	Checar o entendimento dos estudantes; marcar significados e rever o progresso da estória científica
Conteúdo do discurso	Explicação dirigida pela teoria

Figura 15 - Síntese dos aspectos chave do segmento 2 (o que acontecerá com a energia potencial gravitacional?) do episódio 4.

Turnos de falas referentes ao segmento 2 do episódio 04

(58) P. É, exatamente, aí (aponta para uma posição intermediária, no plano inclinado, entre os pontos A e B), que tipo de energia ela vai ter quando ela passar por esse meio aqui?

(59) E02. Cinética.

(60) P. Só cinética?

(61) E02. Cinética e

(62) E25. Aumenta a cinética e diminui a po..... a potencial.

(63) P. Vai começar a diminuir a potencial e, vai acontecer o que?

(64) E02. Aumentar a cinética.

(65) P. Aumentar a cinética, à medida que vai descendo diminui a gravitacional e aumenta a cinética, e, quando chegar neste ponto aqui (aponta para o ponto B no plano)?

(66) E25. Aí a

(67) P. Ela ainda tem gravitacional?

(68) E25. A gravitacional é zero.....

(69) P. Sim.....

(70) E25. E a cinética é a maior.

(71) P. A maior possível. Ok....

4.4 – ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS RESULTADOS DO PRÉ E PÓS-TESTES E O PROCESSO DE ENSINO E DE APRENDIZAGEM

Dos 09 estudantes (E01, E02, E10, E16, E18, E25, E26, E28, E31) que participaram das interações com o professor durante o processo de ensino e de aprendizagem, interações estas, que foram analisadas neste estudo, dois (E02 e E18) não participaram do pré ou do pós-testes, não sendo possível, deste modo, relacionar a forma como compartilharam da construção do conhecimento e os resultados obtidos, por eles, no pré e pós-testes.

Dos 07 estudantes (E01, E10, E16, E25, E26, E28, E31) em que esta relação é possível, 03 estudantes (E01, E10 e E26) mostraram uma evolução da categoria C1 (não demonstravam coerência nas suas manifestações) para a categoria C5 (demonstraram uma espécie de compensação entre massa e altura das boinhas). Cabe destacar, que os estudantes E01, E10 e E26, de acordo com as suas interações nos grupos em que participaram, não demonstraram dificuldades maiores durante o processo de ensino e aprendizagem, o que é condizente com os resultados obtidos, por eles, no pré e pós-testes, sugerindo, que estas interações, contribuíram para a evolução alcançada pelos mesmos.

O estudante E16, que também não demonstrou, de acordo com as suas interações no grupo em que participou, maiores dificuldades durante o processo de ensino e de aprendizagem, evoluiu, de uma classificação inicial na categoria C4B (demonstrava uma prevalência da massa ou peso da bolinha sobre a sua localização relativa ao referencial) para uma classificação final na categoria C5 (em que demonstrava uma espécie de compensação entre massa e altura das boinhas). Esta evolução, demonstrada a partir dos resultados obtidos por este estudante no pré e pós-testes, revela-se de acordo com a sua participação no processo de ensino e de aprendizagem, uma vez que, o mesmo não demonstrou, como já foi dito acima, maiores dificuldades durante este processo.

Outro estudante que não demonstrou dificuldades durante o processo de ensino e de aprendizagem, o estudante E25, foi o único estudante, que já no pré-teste, obteve uma classificação na categoria C5, mantendo-se, na mesma categoria, no pós-teste, resultados estes, que se mostram compatíveis com a participação deste estudante, tanto no que diz

respeito aos resultados demonstrados no pré e pós-testes, como no processo de ensino e de aprendizagem.

Já o estudante E31, que durante o processo de ensino e de aprendizagem relacionou, de forma indevida do ponto de vista do conceito escolar, energia cinética e altura (turnos 32 e 34 no segmento 3 do episódio 03), se posicionou, durante o pré-teste, de uma forma em que considerava a altura, como prevalente sobre a massa da bolinha (C4A), na determinação da maior energia.

A intervenção do estudante E28, nos turnos 37 e 39 no segmento 3 do episódio 03, discordando da afirmação do estudante E31 (não, em função da altura a esfera apresenta energia potencial gravitacional), parece ter contribuído para que este passasse a compartilhar os significados que estavam em construção no processo interativo, uma vez que, no segmento 4 do episódio 03, nas manifestações ocorridas nos turnos 49, 51, 54 e 56, ao mesmo tempo em que afirma que energia cinética não se relaciona com altura mas com velocidade, que na situação em questão, não apresentava energia cinética por que estava em repouso, concluiu, ainda, afirmando que a energia potencial gravitacional que era associada à esfera no ponto A do plano inclinado se transformaria em energia cinética a partir do momento que a mesma começasse a descer o referido plano.

Ao que tudo indica, este estudante, durante o processo de ensino e de aprendizagem, internalizou de forma adequada os conceitos construídos no plano social do seu grupo e da sala de aula, pois, no pós-teste, foi classificado na categoria C5, por demonstrar uma espécie de compensação entre a massa e altura das bolinhas na determinação da energia associada à mesma, o que caracterizou uma evolução nas manifestações do estudante em relação ao pré-teste.

O estudante E28 também demonstrou dificuldade durante o processo de ensino e de aprendizagem. Este estudante, no turno 24 do segmento 2 (episódio 03), declarou: “então eu não sei o que é potênica nem trabalho.” No pré-teste, o mesmo foi classificado na categoria C1, por não demonstrar coerência nas suas manifestações.

A dificuldade apresentada no segmento 2 (episódio 03), parece ter sido superado no segmento 3 do mesmo episódio, quando se manifestou, nos turnos 37 e 39, afirmando que a

esfera, por ter uma certa altura em relação ao referencial, apresentava energia potencial gravitacional.

Do mesmo modo como ocorreu com os demais estudantes, em que a comparação entre os resultados do pré e pós-teste e do processo de ensino e de aprendizagem foi possível, o processo interativo parece ter contribuído para que este estudante, construísse, no plano psicológico, as explicações discutidas no plano social do grupo e da sala de aula. Neste caso, como foi observado com os demais estudantes, isto deveria se refletir nos resultados do pós-teste.

No entanto, a análise das questões do pós-teste não confirmou esta expectativa, ou seja, enquanto que o processo de ensino e de aprendizagem apontava para uma evolução da forma de pensar o conceito de energia mecânica e suas formas, os resultados demonstrados no pós-teste levaram o estudante E28 a ser classificado na categoria C1, como já tinha ocorrido por ocasião do pré-teste, não confirmando, deste modo, a evolução sugerida pelo processo de ensino e de aprendizagem.

Se considerarmos que a análise do processo de ensino e de aprendizagem sugere uma evolução na forma de pensar do estudante E28 em relação ao pré-teste, a sua classificação no pós-teste pode ser caracterizada como um caso de regressão para a forma de pensar demonstrada durante o pré-teste.

Tudge (2002, p. 158) defende a possibilidade de regressão do parceiro mais competente quando da interação com um parceiro menos competente sugerindo que:

Uma interpretação mais ampla da zona de desenvolvimento proximal, na qual a zona se estenderia não somente à frente da criança, mas por toda sua volta, prediria o desenvolvimento dos parceiros menos competentes, mas uma regressão para os parceiros mais competentes, já que o contexto social no qual os dois tipos de parceiros estão situados é bastante diferenciado.

Mais adiante, Tudge (2002, p. 163) argumenta que, de fato, as crianças provavelmente regredirão em suas formas de raciocínio quando defrontadas com parceiros menos competentes, quando não confiam em seus próprios pontos de vista e quando não lhes é fornecido *feedback*.

Ou seja, deste ponto de vista, embora o estudante E28 tenha demonstrado uma evolução conceitual durante as suas manifestações no processo de ensino e de aprendizagem, o grau de confiança que o mesmo trouxe para a interação, não foi suficiente para manter esta forma de pensar durante o pós-teste, o que caracterizaria uma regressão da forma de raciocínio demonstrado no processo de ensino e de aprendizagem em relação aos resultados demonstrados no pós-teste.

Além dos 09 estudantes (E01, E02, E10, E16, E18, E25, E26, E28, E31) que participaram das interações com o professor durante o processo de ensino e de aprendizagem, interações estas que foram analisadas neste estudo, temos, ainda, o caso de 04 estudantes (E07, E08, E13 e E19), que faziam parte dos grupos analisados, mas que, em nem um momento, de manifestaram durante a participação do professor nas discussões com os demais estudantes.

Os estudantes E07, E08 e E19, pertencentes ao grupo 2, e o estudante E13 pertencente ao grupo 3, foram classificados, por ocasião do pré-teste, na categoria C1, por não demonstrarem coerência em suas manifestações.

Após a realização do pós-teste, os estudantes E07, E08 e E19, foram classificados nas categorias C3A, C5 e C4A, respectivamente, o que caracteriza uma evolução nas formas pensamento, a respeito da energia mecânica e suas formas.

Estes estudantes compunham o grupo 2 juntamente com o estudante E01, que também foi classificado na categoria C1 por ocasião do pré-teste e que, no pós-teste, mostrou evolução para a categoria C5. Cabe destacar ainda, que o estudante E01, não demonstrou maiores dificuldades durante as suas interações com o professor no processo de ensino e de aprendizagem.

Como a intervenção do professor foi precedida por interações entre os estudantes no grupo, a evolução demonstrada pelos demais estudantes que não se manifestaram quando da participação do professor, pode ser creditada, também, às discussões ocorridas entre os próprios estudantes, o que sugere, que o processo interativo entre eles, sem a presença do professor, também contribuiu, para que os mesmos, construíssem, no plano psicológico, as explicações discutidas no plano social do grupo.

Esta interpretação parece reforçada quando se analisa o caso do estudante E13, o quarto estudante que não se manifestou quando da intervenção do professor nos grupos. De acordo com os resultados do pós-teste, o estudante E13 não demonstrou evolução conceitual, uma vez que, voltou a ser classificado na categoria C1, como já havia acontecido no pré-teste.

O estudante E13, compunha o grupo 3 junto com o estudante E28, que também foi classificado na categoria C1, tanto no pré como no pós-testes, e com o estudante E31, que demonstrou evolução da categoria C4A para a categoria C5. Cabe lembrar, que tanto o estudante E28 como o estudante E31, demonstraram dificuldades, durante as interações com o professor, ocorridas no processo de ensino e de aprendizagem.

O fato dos estudantes E28 e E31 demonstrarem dificuldades durante as suas interações com o professor, sugere que estas dificuldades também ocorreram quando das discussões dos estudantes no grupo, que precederam as discussões com o professor, o que sugere que as interações entre os estudantes, neste caso particular, parecem não ter contribuído para o aprendizado do estudante E13, pelo menos no que diz respeito aos resultados obtido por ele no pós-teste.

De forma geral, a análise realizada acima, aponta para o fato de que os resultados demonstrados pelos estudantes ao responderem as questões do pós-teste, estão de acordo com os resultados demonstrados por estes estudantes no processo de ensino e de aprendizagem, o que sugere, pelo menos nas condições deste estudo, que as categorias propostas a partir das idéias demonstradas no pré-teste, permitiram avaliar a evolução de suas idéias, no assunto em que foram solicitados, após o processo de ensino e de aprendizagem, quando responderam ao pós-teste.

PARTE 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conceitos espontâneos ou não formais de energia demonstrados por estudantes do ensino médio são importantes, de acordo com a teoria de Vygotsky, para a construção do conceito escolar de energia mecânica e suas formas, uma vez que, de acordo com este autor, os conceitos científicos não são aprendidos mecanicamente, mas evoluem com a ajuda de uma rigorosa atividade mental pelo aprendiz, de modo que há uma inter-relação e uma influência mútua com o desenvolvimento dos conceitos espontâneos (item 2.1, p. 8), ou seja, o conceito não formal de energia servirá de apoio para o desenvolvimento do conceito escolar de energia mecânica e suas formas, objeto deste estudo.

Neste sentido, os resultados obtidos a partir das informações fornecidas no pré-teste, permitiram identificar uma forma de pensar a noção não formal do conceito de energia mecânica e suas formas, entre os estudantes que participaram do presente estudo.

Ao categorizar estas respostas de acordo com a coerência demonstrada para o conjunto de questões do instrumento de coleta de dados, foi possível estabelecer, em relação à energia potencial gravitacional (Questão 2 do Problema 1 e Questão 2 do problema 2), uma categoria de pensamento que **não demonstrava coerência nas suas manifestações**, pois, se em um momento prevalecia a massa na determinação da bolinha com maior energia, no momento seguinte a prevalência era da altura relativa ao referencial.

Outras categorias de pensamento consideram na determinação da bolinha que apresenta maior energia: uma **relação inversa entre a altura relativa ao referencial e energia**; **a massa ou peso numa relação inversa com a energia**; **a altura relativa ao referencial prevalecendo sobre o peso da bolinha, com o peso mantendo uma relação inversa** na determinação da energia; **a relação direta entre energia e a altura da bolinha relativa ao referencial**; **a energia apresentando uma relação direta com a massa**; **a altura prevalecendo sobre a massa da bolinha**; **a prevalência da massa ou peso da bolinha sobre a sua localização relativa ao referencial**; por fim, **uma espécie de compensação entre massa e altura da bolinha**, onde, uma bolinha de massa **m** localizada em uma altura **2h**, possui energia equivalente a uma bolinha de massa **2m**, localizada em uma altura **h**, desde que possa ser mantida a mesma força gravitacional.

A identificação de uma forma de pensar a noção não convencional do conceito de energia mecânica e suas formas, contribuiu, ainda, para o planejamento da ação pedagógica implementada na sala de aula, direcionada no sentido de propiciar as discussões destas questões com os estudantes, uma vez que, de acordo com a teoria Vygotskyana (item 2.3, p. 15), no desenvolvimento da ação de construção de conceitos escolares, será importante, ou mesmo necessário, além da interação professor/aluno, estabelecer, entre os alunos, um ambiente de participação e colaboração para a construção de seu próprio conhecimento, pois, a construção de conceitos, primeiro ocorre em um plano social, como uma categoria intersicológica, para a partir daí, ocorrer no plano psicológico, como uma categoria intrapsicológica.

Vygotsky defendeu (item 2.1, p. 8) a não existência de antagonismo entre o desenvolvimento de conceitos espontâneos ou não formais e o desenvolvimento dos conceitos científicos ou, no caso deste estudo, conceito escolar de energia mecânica e suas formas. Deste modo, não trabalhamos com o intuito de substituição do conceito não formal pelo escolar, buscamos sim, conseguir uma evolução da forma de pensar do estudante.

Os resultados obtidos a partir do pós-teste nos mostram que, dos 29 estudantes que participaram do pré e do pós-teste, 20 deles (69%) demonstraram uma evolução na forma de pensamento, quando as suas respostas foram comparadas, nas categorias consideradas neste estudo.

Dos 20 estudantes que demonstraram evolução de pensamento, 12 deles (60%) demonstraram evolução para uma forma de pensamento, em que era considerada tanto a massa como a altura referente ao referencial na determinação da maior energia, correspondente a categoria C5, categoria esta, que já demonstra um pensamento mais elaborado acerca do tema energia mecânica e suas formas.

Dos 9 estudantes (31%) que não demonstraram evolução de pensamento pelo critério estabelecido para a análise de suas respostas, as informações do estudante E25 no pré-teste, já haviam sido classificadas na categoria C5, não aparecendo, portanto, entre os estudantes que demonstraram evolução de pensamento, posto que, já no pré-teste, este estudante demonstrou possuir os requisitos básicos referentes ao conceito de energia mecânica e suas formas, de acordo como foi solicitado no instrumento de coleta de dados.

A seqüência de ensino e de aprendizagem apresentada neste estudo, emergiu como conseqüência de uma situação problema planejada com o intuito de que os estudantes, interagindo entre si e com o professor, construíssem uma explicação para a seguinte questão: em que tipo de energia, a energia mecânica associada a uma esfera, no ponto A de um plano inclinado, se transformaria, ao chegar no ponto B do mesmo (ver, p. 43).

A análise desta seqüência mostrou que as intervenções do professor, nos diversos grupos selecionados para este estudo, contribuíram de forma decisiva para que os estudantes chegassem à explicação desejada do ponto de vista do conhecimento escolar.

Enquanto que no grupo 1 foi suficiente que o professor chamasse a atenção para o fato de que a esfera não iria parar no ponto B para que os estudantes refletissem sobre sua resposta anterior e deste modo construíssem uma explicação para a situação em estudo, no grupo 3, tendo a explicação dos estudantes se iniciado com os mesmos confundindo os conceitos de energia potencial gravitacional e potência, o professor atuou, primeiro no sentido de desfazer este equívoco e, em seguida, contribuir para que os estudantes construíssem a sua explicação para situação em questão.

Já a sua atuação em relação aos grupos 2 e 4 ocorreu, preponderantemente, no sentido de confirmar o entendimento dos estudantes a cerca dos significados atribuídos por eles, no seu trabalho com as idéias científicas, na situação em estudo.

Para atingir este objetivo, o professor utilizou-se, em alguns momentos, de uma **abordagem comunicativa interativa dialógica**, onde aceitava, pelo menos temporariamente, as argumentações dos estudantes e, em outros, de uma **abordagem comunicativa interativa de autoridade**, onde o desenrolar das ações desenvolvidas contou sempre com a participação dos estudantes e com o professor atuando no sentido de conduzir os estudantes em direção à explicação desejada.

Os **padrões de interações** gerados foram, em alguns momentos, do tipo **I – R – A**, onde, a partir de uma iniciação por parte do professor, ocorria uma resposta por parte dos estudantes e, em seguida, a avaliação do professor para esta resposta, em outros momentos, do tipo **I – R – F – R ...**, onde o professor fornecia um *feedback* com o intuito de permitir que os estudantes pudessem elaborar um pouco mais as suas falas, ou ainda, do tipo **I – R – P – R ...**,

em que o professor utiliza-se de uma ação discursiva de modo a permitir o prosseguimento da fala dos estudantes.

Deste modo, as **intenções do professor** durante as suas intervenções, estiveram voltadas ora no sentido de **explorar a visão e entendimento dos estudantes** acerca de idéias ou fenômenos específicos, ora no sentido de **introduzir ou desenvolver a história científica**, ao disponibilizar as idéias científicas no plano social da sala de aula, ou ainda, no sentido de **guiar e manter** a narrativa dos estudantes rumo à construção desta história.

As formas das **intervenções pedagógicas do professor**, variaram entre **dar forma aos significados** atribuídos pelos estudantes ou **checar o seu entendimento** acerca dos significados atribuídos em situações específicas, ou ainda, **marcar significados chaves**, importantes para a construção da explicação que estava sendo buscada, bem como, **rever o progresso** da história científica.

As interações entre o professor e os estudantes geraram um **discurso** no plano da sala de aula, cujo **conteúdo** propiciou que os estudantes construíssem, para a situação em questão, **explicações dirigidas pela teoria**, pois, tais explicações, ocorreram sempre apoiadas por um modelo teórico que dava sustentação para as suas elaborações

A análise microgenética (item 3.2, p. 22) se mostrou de especial importância para a compreensão das relações sociais que ocorreram nas interações entre os estudantes e o professor, pois, ao permitir um olhar que vai além da percepção do macro destas interações, possibilita que se apreenda detalhes da participação dos estudantes e do professor na construção do conhecimento que estava em negociação no plano social da sala de aula, o que pode contribuir para o planejamento das ações futuras relativas ao ensino e a aprendizagem de física.

Ao se planejar as ações pedagógicas a partir de um olhar da Teoria Sócio-Histórica (parte 2, p. 21), atua-se no sentido de negociação de significados no plano social da sala de aula, uma vez que, os conceitos escolares que estão sendo trabalhados, não devem ser vistos como sendo antagônicos aos conceitos cotidianos ou não convencionais que os estudantes constroem na sua interação diária com os meios sociais com os quais se relacionam.

Se a ação pedagógica se dá no sentido de negociação de significados, se torna, de especial relevância, que os estudantes sejam incentivados a se manifestarem a respeito do tema posto em discussão, de modo a que tenham participação na construção de seu conhecimento.

Neste sentido, na construção do conhecimento, a ênfase não se direciona nem para o estudante, visto como um ser ativo e capaz de construir sozinho ou com alguma orientação o seu conhecimento, nem para o professor, que detém o conhecimento a ser transmitido para o aluno, que é visto como um ser passivo e pronto para receber este conhecimento, mas, para a interação entre os próprios estudantes e destes, no caso do plano social da sala de aula, com o professor, uma vez que, de acordo com a *lei genética geral do desenvolvimento cultural* proposta por Vygotsky (item 2.3, p. 17) , a construção de conceitos, primeiro ocorre em um plano social, como uma categoria interpsicológica, para a partir daí ocorrer no plano psicológico, como uma categoria intrapsicológica.

PARTE 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEMO, P. **Desafios modernos da educação**. 11 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

GOÉS, M. C. R. **A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade**. Cadernos CEDES, XX, 50, 2000.

GOÉS, M.C.R. **As relações intersubjetivas na construção de conhecimento**. In GOÉS, M. C. R. e SMOLKA, A. L. B. (Orgs.). *A significação nos espaços educacionais: interação social e subjetividade*. Campinas: Papirus, 1997.

MEIRA, L. **As bases semióticas e temporais da ZDP na sala de aula**. In ANAIS DO II ENCONTRO INTERNACIONAL DE LINGUAGEM, CULTURA E COGNIÇÃO: reflexões para o ensino. Belo Horizonte, julho de 2003.

MOISÉS, L. **Aplicações de Vygotsky à Educação Matemática**. Campinas: Papirus, 1997.

MORTIMER, E. F. **Metic análisis and the dynamic of explanations im science classroom**. III Conferência de Pesquisa Sócio-cultural. www.fae.unicamp.br/br2000. Tradução: Livre de Andreia Garibaldi.

MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. **Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino**. Investigações no Ensino de Ciências 3. Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, 2002 (site: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista>)

OLIVEIRA, M. K. de. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 1993.

PALANGANA, I. C. **Desenvolvimento e aprendizado em Piaget e Vygotsky: a relevância do social**. São Paulo: Summus, 2001.

PIETROCOLA, M. **Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo**. In PIETROCOLA, Mauricio. *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. 2 ed. Ijuí: INIJUÍ, 2000.

SCHNETZLER, R. P; ARAGÃO, R. M. R. **Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de Química**. *Química nova na escola*. Pesquisa no ensino da Química, n. 1, 1995.

SOUZA CRUZ, S. M. S. C; ZYLBERSZTAJN, A. **O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos**. In PIETROCOLA, M. *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: EDUFSC, 2001.

TERRAZZAN, E. A. **A conceituação não-convencional de energia no pensamento dos estudantes.** Dissertação (De Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo: EDUSP, 1985.

TUDGE, J. **Vygotsky, a zona de desenvolvimento proximal e a colaboração entre pares: implicações para a prática em sala de aula.** In MOOL, L. C. Vygotsky e a Educação: implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica. Porto Alegre: Artes Médicas, 2002.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 2000.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VYGOTSKY, L. S. **Manuscrito de 1929.** Educação & Sociedade, ano XXI, n. 71, Julho de 2000.

WERTSCH, J. V. **Vygotsky y la formacion social de la mente.** Barcelona: Ediciones Paidos, 1988.

WERTSCH, J. V. **A voz da racionalidade em uma abordagem sociocultural da mente.** In MOLL, L. C. Vygotsky e a educação: implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica. Porto Alegre: Artes Médicas, 2002.

ANEXOS

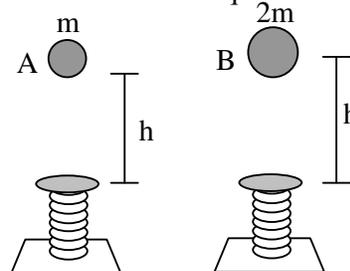
Figura 16 - PRÉ E PÓS-TESTES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO PEDAGÓGICO INTEGRADO
ENSINO MÉDIO – FÍSICA – 1ª SÉRIE – Prof. QUARESMA.
ALUNO(A): _____ N. _____
DATA: ____/____/____
Pré e Pós-testes.

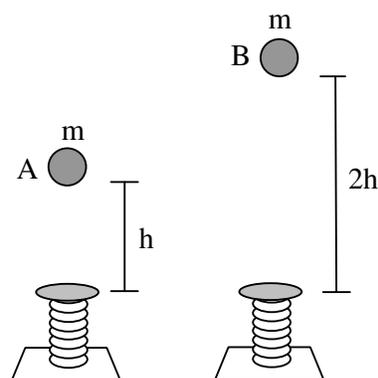
Problema 1.

Questão 1. Duas bolas **A** e **B** são abandonadas ao mesmo tempo e caem sobre molas idênticas como na figura, comprimindo-as. Na própria figura você tem a indicação das massas das bolas, **m** ou **2m**, e das alturas, **h** ou **2h**, de onde elas são abandonadas. Analise cada uma das situações abaixo e responda: Qual bola consegue comprimir mais a mola? Justifique.

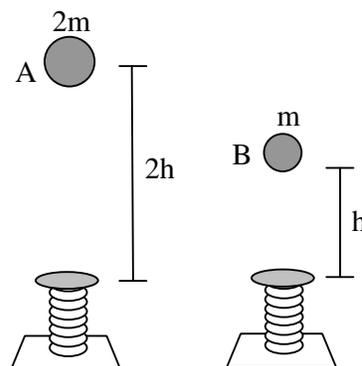
1) _____



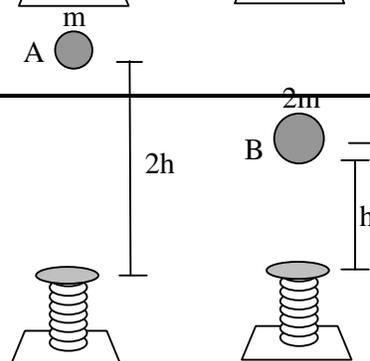
2) _____



3) _____

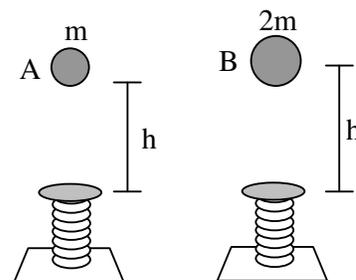


4) _____

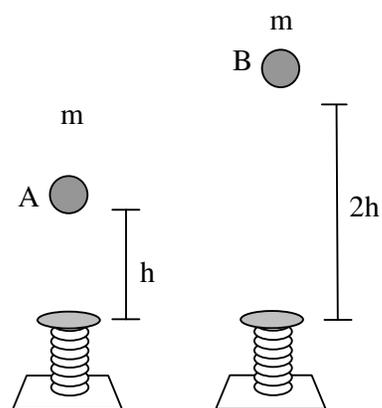


Questão 2. Agora você vai analisar cada uma das situações abaixo e responder: Qual bola tem mais energia? Justifique.

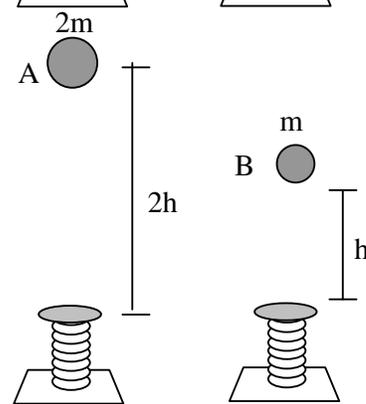
1) _____



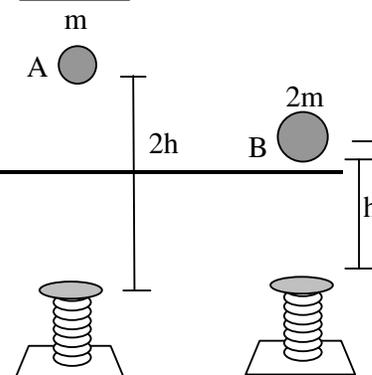
2) _____



3) _____



4) _____

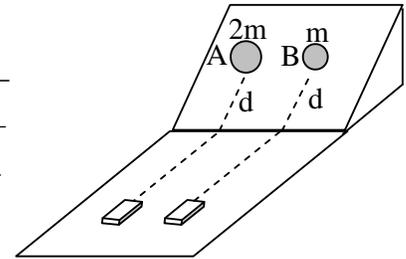


PROBLEMA 2

Questão 1. Inicialmente as bolinhas das figuras são mantidas numa certa posição na rampa. Em certo momento são abandonadas entrando em movimento. Após descerem a rampa, entram num plano horizontal percorrendo a mesma distância até se chocarem com blocos idênticos. As massas da bolinha (m ou $2m$) e as suas posições iniciais (d ou $2d$) estão indicadas em cada figura. Analise cada figura e responda:

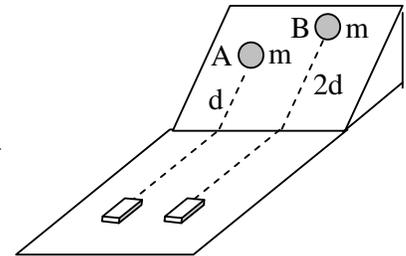
- a) qual bolinha (**A** ou **B**) atinge o bloco em menos tempo? Justifique.
 b) qual bolinha (**A** ou **B**) desloca mais o bloco? Justifique.

1) a) _____



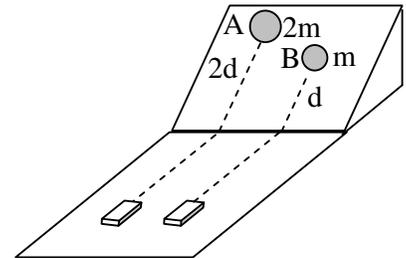
b) _____

2) a) _____



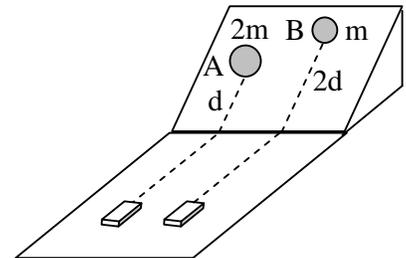
b) _____

3) a) _____



b) _____

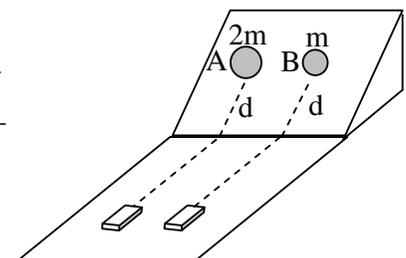
4) a) _____



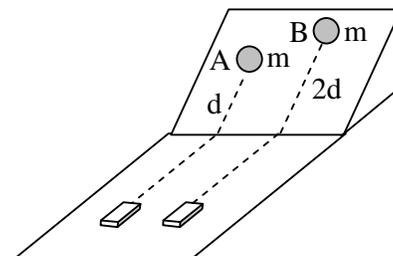
b) _____

Questão 2. Agora você deve analisar cada figura e responder: Qual bolinha (**A** ou **B**) tem mais energia? Justifique.

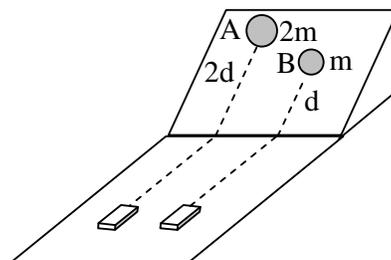
1) _____



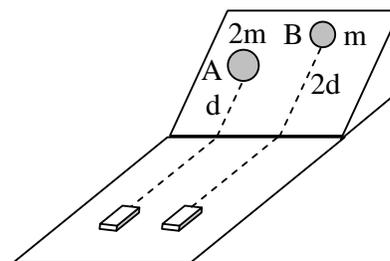
2) _____



3) _____



4) _____



TERRAZZAN, E. A. *A conceituação não-convencional de energia no pensamento dos estudantes*. Dissertação de mestrado em ensino de ciências. Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP. São Paulo, 1985.

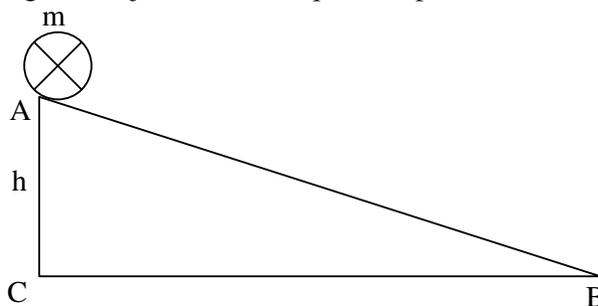
Figura 17 – ATIVIDADE QUE ORIGINOU AS DISCUSSÕES TRANSCRITAS E ANALISADAS.

NÚCLEO PEDAGÓGICO INTEGRADO
ENSINO MÉDIO – FÍSICA – Prof. QUARESMA.

Aluno(a).N.....
N.....
N.....
N.....

SITUAÇÃO 1.

Considere uma esfera de massa m que desce o plano inclinado AB , mostrado na figura, a partir do repouso no ponto A . No ponto A , a esfera se encontra a uma altura h , em relação à base CB do plano, que será considerado o nível de referência. Com base nestas condições responda as questões a seguir. (Veja, também, esquema representativo do professor.)



Questão 1. Que forma de energia mecânica pode estar associada à esfera enquanto ela se encontra em repouso no ponto A ?

Questão 2. O que acontecerá com esta energia a partir do momento em que a esfera começa a descer o plano inclinado?

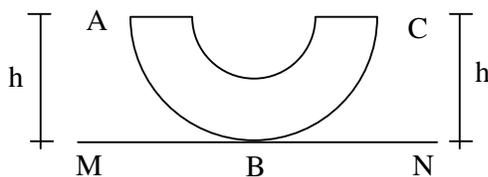
Questão 3. Considerando o segmento CB como nível de referência, qual a forma ou formas de energia que, pode ser associada à esfera ao chegar ao ponto B ?

Questão 4. A energia mecânica associada à esfera no ponto B , é maior, menor ou igual a energia mecânica associada à esfera no ponto A ? Justifique.

Questão 5. Proponha uma equação matemática que permita estimar a velocidade da esfera ao atingir a posição B ?

SITUAÇÃO 2.

A situação mostrada abaixo representa um conduto, em forma de semi-círculo, por onde uma esfera pode circular livremente. Considere o segmento de reta MN como nível de referência e que a altura do ponto A em relação a este nível é igual a altura do ponto C em relação ao mesmo nível. Com base nesta situação responda as questões a seguir. (Veja, também, esquema representativo do professor)



Questão 1. Considere uma esfera em repouso no ponto A. Que forma de energia mecânica pode estar associada à esfera neste ponto?

Questão 2. Se a esfera for abandonada no ponto A, cuja altura é h em relação ao nível de referência, ela alcançará o ponto C, na outra extremidade do conduto, ou alcançará um ponto abaixo ou acima do ponto C? Justifique. (lembre que o ponto C também está à uma altura h do nível de referência).