

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA NATUREZA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

GILMAR TORRES MARQUES MOURA

**O MODELO MENTAL E A CIÊNCIA FÍSICA: INTERPRETANDO O MOVIMENTO
NUMA TURMA DE PRIMEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO.**

Rio Branco
2017

GILMAR TORRES MARQUES MOURA

**O MODELO MENTAL E A CIÊNCIA FÍSICA: INTERPRETANDO O MOVIMENTO
NUMA TURMA DE PRIMEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO.**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Acre, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Castanheira da Silva

**Rio Branco
2017**

GILMAR TORRES MARQUES MOURA

**O MODELO MENTAL E A CIÊNCIA FÍSICA: INTERPRETANDO O MOVIMENTO
NUMA TURMA DE PRIMEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Acre, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovada em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Marcelo Castanheira da Silva – CCBN/UFAC
Universidade Federal do Acre
Orientador

Profa. Dra. Bianca Martins Santos – CCBN/UFAC
Universidade Federal do Acre
Membro Interno.

Prof. Dr. Mateus Bruno Barbosa – Campus Sena Madureira/IFAC
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre
Membro Externo.

Rio Branco
2017

*“Em seu coração o homem planeja o seu caminho,
mas o Senhor determina os seus passos”.*

Provérbios 16:9

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde, discernimento, coragem e entendimento.

Aos meus pais José Torres e Valdir Moura pelo conforto, dedicação e ensinamentos.

A minha esposa Luma, por todo carinho, cumplicidade, compreensão, dedicação, incentivo e, principalmente pela paciência nos tempos de ausência e o sorriso confortante nos momentos difíceis.

Às minhas irmãs e irmãos que torceram e me apoiaram com suas orações e apoio mesmo de longe.

Às minhas três vidas Letícia, Lays e Gael pelos sorrisos doces.

Ao meu querido orientador e eterno Professor Marcelo castanheira da Silva pela paciência e incentivos.

À professora Alcilene Balica e Rafaela por ter permitido a aplicação da pesquisa em sua turma e colaborado com esse projeto.

Ao IFAC – Campus Sena Madureira pela tolerância e compreensão das atividades desenvolvidas.

Aos estudantes do primeiro ano que participaram desta pesquisa.

Enfim, a todos àqueles que contribuíram para a concretização deste sonho.

RESUMO

O presente trabalho consistiu em investigar e discutir, como as definições da Cinemática foram construídas e representadas ao longo da história e atualmente, a possibilidade de realizar a aproximação entre as definições das formas de representação da Cinemática com as experiências cotidianas dos alunos investigados propondo, com isso, processos alternativos de ensino aprendizagem. Apresentou-se aquilo que é ensinado na ciência física nas escolas de um modo genérico e o que realmente os alunos aprendem. A metodologia foi desenvolvida partindo de um estudo exploratório e descritivo através de questionários abertos e entrevistas acerca das concepções prévias dos alunos referente ao Movimento numa turma de primeiro ano do curso técnico integrado ao ensino médio de Informática do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre – Campus Sena Madureira, com sede no município de Sena Madureira – AC, que buscou conhecer as relações de contradições, verdades e limites entre os sujeitos indagativos e o tema investigado. Fez-se uso da teoria dos Modelos Mentais à luz de Johnson-Laird para interpretar as concepções prévias dos alunos com o objetivo de direcionar para uma maneira alternativa de abordar o tema e reestruturar os modelos mentais. A proposta alternativa foi desenvolvida com 39 alunos participantes da pesquisa e segue uma sequência de fases de aulas práticas e teóricas. Os questionários e as entrevistas buscaram conhecer as concepções prévias dos alunos e as fases de reestruturação dos modelos foram divididas em quatro: fase 1 – atividade prática, fase 2 – atividade teórica, fase 3 – Física aplicada ao cotidiano e fase 4 – descobrindo nosso próprio modelo. As análises dos dados foram feitas tanto qualitativamente quanto quantitativamente sendo ao final proposto um roteiro didático como proposta educacional.

Palavras-chave: Ensino de Física; O Movimento; Modelos Mentais.

ABSTRACT

The present work consisted in investigating and discussing how the definitions of Cinematics were constructed and represented throughout history and today, the possibility of making the approximation between the definitions of the forms of Cinematics' representation and the daily experiences of the students investigated proposing, therefore, alternative processes of teaching and learning. It was presented what is taught in physical science in schools in a generic way and what students actually learn. The methodology was developed starting from an exploratory and descriptive study through open questionnaires and interviews about the students' prior conceptions about the movement in a first year class of the integrated technical course to the high school of Informatics from the Institute of Education, Science and Technology of Acre - Sena Madureira Campus, based in the county of Sena Madureira – AC in Brazil, which sought to know the relations of contradictions, truths and limits between the subjects questioning and the subject investigated. The theory of Mental Models was used in the light of Johnson-Laird to interpret students' previous conceptions with the objective of directing to an alternative way of approaching the subject and restructuring the mental models. The alternative proposal was developed with 39 students participating in the research and follows a sequence of phases of practical and theoretical classes. The questionnaires and interviews sought to know the students' previous conceptions and the restructuring phases of the models were divided into 4: phase 1 - practical activity, phase 2 - theoretical activity, phase 3 – physics applied to daily life and phase 4 - discovering our own model. The data analyzes were done both qualitatively and quantitatively, being at the end proposed a didactic route as an educational proposal.

Keywords: Teaching of Physical Science; The Movement; Mental Models.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 10 |
| 2. CAPÍTULO I | 15 |
| 2.1. Um breve histórico sobre o movimento e suas representações. | 15 |
| 2.1.1. Aristóteles (384-322 a.C)..... | 15 |
| 2.1.2. Copérnico (1473-1543). | 20 |
| 2.1.3. Galileu Galilei (1564-1642). | 21 |
| 2.1.4. Representação no Ensino superior | 23 |
| 2.1.5. Representação no ensino médio | 28 |
| 2.2. Investigação sobre o tema na atualidade..... | 29 |
| 2.3. Mudança conceitual: dados, conceitos e princípios..... | 32 |
| 3. CAPÍTULO II | 35 |
| 3.1. Os modelos mentais | 35 |
| 3.1.1. Breve histórico | 35 |
| 3.1.2. A teoria | 36 |
| 3.1.3. Natureza e tipologia dos modelos mentais | 37 |
| 3.2. Modelos conceituais de Norman | 44 |
| 3.3. A teoria física, objeto físico e sistema físico. | 47 |
| 3.4. Metodologia | 48 |
| 3.4.1. Sujeitos da pesquisa, escolha do tema e campo de investigação. | 49 |

| | |
|---|----|
| 4. CAPÍTULO III | 52 |
| 4.1. Resultados e discussões | 52 |
| 4.1.1. Conhecendo os modelos: análise dos conhecimentos prévios | 52 |
| 4.1.2. A entrevista | 61 |
| 4.2. Resultados e discussões: reestruturação dos modelos | 62 |
| 4.2.1. Fase 1 – Atividade Prática | 63 |
| 4.2.2. Fase 2 – Atividade Teórica | 64 |
| 4.2.3. Fase 3 – Física aplicada ao cotidiano | 72 |
| 4.2.4. Fase 4 – Descobrimo nosso próprio modelo | 74 |
| 4.3. Outras experiências: Modelo mental numa análise qualitativa | 76 |
| 4.4. Algumas pesquisas com modelos mentais | 82 |
| 4.5. Produto Educacional | 90 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 91 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 95 |
| 7. APÊNDICES | 98 |

1. INTRODUÇÃO

O ensino de física ao longo dos anos tem sido instrumento de investigação dentro da temática de metodologias objetivando melhorias no processo de ensino-aprendizagem. Neste sentido a presente dissertação de mestrado buscou enfatizar uma teoria que pudesse explicar às conclusões dos estudantes, concepções prévias, referentes ao conceito de movimento e construir a partir dessas concepções iniciais, tidas como modelos mentais, uma base para o raciocínio científico que aplicadas ao cotidiano poderá produzir explicações aceitáveis.

Tais objetivos estão intimamente relacionados à experiência profissional do autor¹ como docente na educação básica por quase sete anos. Uma vez que a necessidade de aprender a compreender para depois ensinar o que aprendeu sempre foi motivo de inquietação. Às vezes a memorização de dados era suficiente, mas a complexidade de formalizar uma explicação dentro da realidade de uma sala de aula com aplicação prática deixava a desejar.

Dentro desta perspectiva vez ou outra se ouvia o relato de alunos falando que “não estava vendo” o que estava sendo explicado, isso claramente significava que não estavam entendendo e, por vezes, como professor fugia uma ideia para permitir os alunos a “ver”, ou seja, uma limitação na compreensão do professor refletia na compreensão do aluno, ponto de vista do autor. Desse modo, as reflexões sobre métodos para melhorar o ensino-aprendizagem direcionou, primeiramente, a buscar “enxergar” para depois fazer que o aluno “veja”, conseqüentemente o professor deveria usar de métodos em que o aluno estava diretamente envolvido no processo deixando assim de tratá-lo como um ser genérico.

Além disso, durante a formação acadêmica um fato despertou a necessidade de buscar mais simplicidade ao explicar um fenômeno. O fato: em resumo, seria escolher ao acaso um tema da Física e ter que usar meios para explicá-lo a pessoas com deficiência visual. O tema escolhido foi: como a radiação chega a terra, mas esta modalidade e tema farão parte de outro trabalho. O importante é que desde fato originou a ideia de modelos e sugestões para descrever

¹ Graduado em Licenciatura em Física pela Universidade Federal do Acre (UFAC) e Especialista em Ensino de Física pela Universidade Cândido Mendes (UCAM – PROMINAS).

um fenômeno físico com uma linguagem não tão científica e ao mesmo tempo objetivando alcançá-la.

Com as experiências vivenciadas fez-se uma revisão na literatura em busca de uma teoria que pudesse subsidiar e englobar grande parte das indagações que permitiu a escrita deste trabalho e chegou-se a teoria dos modelos metais proposta por Johnson-Laird em 1983, pois o tempo todo necessitou representar algo para que possa ser interpretado e compreendido, ou seja, indicam elementos que devem ser percebidos para uma boa representação. Para tanto, buscou neste trabalho uma interpretação para o conceito de movimento.

Historicamente falando o conceito de movimento carrega, em suas entrelinhas, uma influência aristotélica marcante que durante séculos foi defendida pela Igreja sob pena de prisão domiciliar e morte, no qual foram discutidas aqui brevemente para enfatizar a evolução do conceito de movimento. O cenário descrito mostra a importância do tema que durante séculos foi objeto de declínio e, também, de sucesso de alguns estudiosos.

Esse pequeno contexto, causa certa inquietação acerca do conceito de movimento, pois é comum perceber nos alunos a falta de interesse em lidar com a Ciência Física. Assim sendo, será que o conceito já está pronto e acabado? Se sim, como o tema é abordado nos livros didáticos atualmente? Quais os traços mais evidentes numa definição de movimento trazidos por um aluno de ensino médio? Seria mais aristotélica, newtoniana ou mesmo relativística? E será possível identificar traços na resposta do aluno com a explicação feita pelo professor sobre o conceito de movimento? Caso a primeira resposta seja **não** entramos numa inquietação maior ainda, mas levantada por Morin (1996, p. 168) como sendo “a razão complexa” e dessa maneira nos guia a uma investigação mais profunda sobre a temática.

Além do contexto histórico e pessoal, os questionamentos dos alunos e as conversas com professores de outras áreas levaram ao primeiro passo da pesquisa numa disciplina com colegas do mestrado sobre a ideia de movimento. Os resultados instigou mais desejo em trabalhar o tema para cada resposta lida, pois distintamente surgiam analogias interessantes que figuravam os modelos mentais que explicam velocidade e aceleração, por exemplo. Curiosidade em conhecer como

ou por que chegavam a dizer que velocidade é o movimento do corpo ou aceleração lembra acelerador do carro.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é usar a Teoria dos Modelos Mentais, à luz de Johnson-Laird, para interpretar as explicações dos alunos sobre o conceito de movimento, concepções prévias, no pressuposto de que são modelos mentais e levar suas concepções prévias a interpretar de modo mais científico uma prática cotidiana, ou seja, busca relacionar conhecimento do senso comum com conhecimento científico numa atividade cotidiana.

Para alcançar tal objetivo divide-se por etapas elencando objetivos mais específicos a seguir:

- Identificar os modelos mentais prévios dos estudantes percebendo elementos que pode influenciar na formação de conceitos para, posteriormente, propor uma maneira alternativa de ensinar Física.
- Comparar os modelos mentais dos estudantes com conceitos dos livros didáticos para perceber o nível de assimilação do conteúdo e mostrá-los as concepções da ciência.
- Colaborar para o desenvolvimento das pesquisas no ensino de Física.
- Propor um produto educacional com metodologias alternativas de ensino.

Nesta perspectiva, e buscando respostas diante dos principais conceitos que são trabalhados nas escolas, enfatizando-se uma investigação teórico-metodológica à luz da teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird (1983), para o estudo do movimento e suas representações destaca-se o seguinte questionamento: **quais as contribuições, caso existam, ao usar a teoria dos modelos mentais para interpretar na sala de aula, de ensino médio, o conceito de movimento enfatizando suas representações nos livros didáticos de Física ao ensinar Ciência Física?**

Pois, se existe situações, por exemplo, em que se pode entender, um conceito físico e, ainda, por vários momentos não consegue aplicá-lo com mesma eficiência na prática, então o que você sugere? O conceito foi compreendido realmente?

Por isso, buscam-se explicações para interpretar os tipos de situações acima na teoria dos modelos mentais de uma vez que:

Johnson-Laird sugere que as pessoas raciocinam com modelos mentais. Modelos mentais são como blocos de construção cognitivos que podem ser combinados e recombinados conforme necessário. Como quaisquer outros modelos, eles representam o objeto ou situação em si; uma de suas características mais importantes é que sua estrutura capta a essência (se parece analogicamente) dessa situação ou objeto (HAMPSON e MORRIS, 1996, *apud* MOREIRA 1997, p. 3).

Como hipótese inicial acredita-se que os vários contextos em que o aluno está inserido recebendo informações, seja na sala de aula comum ou através da Internet com vídeo aulas e *sítes* de textos, requer um modelo teórico-metodológico que sirva para identificar e interpretar os conhecimentos prévios desses estudantes e, ao mesmo tempo, propor adequação no uso de tecnologias para o alcance do conhecimento científico.

Assim, procura-se com essa teoria, explicar como um modelo mental construído pode interferir numa explicação ou resolução acerca de um problema cotidiano. Acredita-se que o indivíduo com um apurado modelo mental, limitado aqui ao conceito de movimento, consegue evoluir mais fácil nas aulas de Mecânica e, conseqüentemente, envolver a Física em seu cotidiano de forma natural.

Citamos Khemlani, Barbey e Johnson-Laird (2014) na perspectiva de estreitar a teoria/tema e aprofundar o estudo acerca dos movimentos relacionando o que eles chamam de raciocínio causal com modelos mentais, pois, segundo os autores, “os significados fundamentais de afirmações causais são deterministas e referem-se a conjuntos temporalmente ordenados de possibilidades”. Com vista nos estudos dos autores acima, propõe-se o modelo:

A – variação de velocidade

B – aceleração

A causa B para ocorrer meios que **permite A**. **B ocorre**, enquanto que um **A permite B para ocorrer** meios que dado **A**, é possível para **B** ocorrer.

Logo, para o modelo proposto se **A** existe em um lapso temporal contínuo está permitindo a existência de **B** que é suficiente para manter **A**. Mas será que

sempre que **A** existir vai ocorrer **B**? Ou só existirá um **A** que permitirá meios para a existência de **B**? A ordem de existência fica a cargo dos leitores, pois no final se equivalem.

Para Johnson-Laird (2010) pode-se construir modelos mentais de cada possibilidade distinta e derivar uma conclusão a partir deles e, conseqüentemente, a teoria prevê erros sistemáticos em nosso raciocínio. No entanto, a nossa capacidade de usar contra exemplos para refutar inferências inválidas fornece uma base para a racionalidade. Por esta razão, o raciocínio é uma simulação do mundo concretizada com o nosso conhecimento, não um rearranjo formal dos esqueletos das lógicas de frases.

Por isso chama-se a atenção para o que é interpretado pelos alunos na sala de aula no processo de construção de ensino aprendizagem, uma vez que na linguagem científica, segundo Mortimer (2013, p. 189), os “verbos não expressam mais ações e sim relações”, ou seja, totalmente fora do cotidiano do aluno, por isso por fatores bem simples ou já tidos como claramente bem definidos devem ser percebidos, por exemplo, a palavra corpo físico que causou uma percepção biológica por parte dos alunos como será visto no capítulo III.

Por isso, acredita-se que este estudo permite contribuir significativamente para discutir novas propostas de ensino, principalmente sobre a interação entre professor e aluno. Fazer um professor conhecer seu próprio modelo mental é desprendê-lo de formas mecânicas de ensino, inserindo-o em um contexto intelectual na produção do conhecimento do seu conhecimento próprio e, o mais importante, saber como transmiti-lo (modelos conceituais).

O capítulo I apresenta um breve relato histórico sobre como foi construído as ideias para representar o movimento. Quando ocorreu a primeira divisão do estudo do movimento entre cinemática e dinâmica e a tendência contemporânea de representar o tema, além de buscar explicar o que os alunos aprendem na sala de aula. O capítulo II busca definir o que são modelos mentais e como ensinar modelos mentais destacando teoria, objeto e sistema físicos e ainda descreve a metodologia. No capítulo III descreve os resultados da pesquisa e algumas experiências com modelos mentais de outros autores.

2. CAPÍTULO I

2.1. Um breve histórico sobre o movimento e suas representações.

As ideias de movimento trazidas por Aristóteles, Copérnico, Galileu entre outros são formas de representá-lo, no entanto como ou o quê os levou a tais representações?

De maneira geral entende-se por representar como o ato de mostrar claramente: seja representando uma ideia, um conceito, reproduzindo uma imagem de; retratar, refletir: representar a natureza ou ter como sentido, significado ou demonstrado por escrito.

Veremos no decorrer deste trabalho a importância de conhecermos a teoria dos modelos mentais, por isso, ao analisarmos o processo histórico vindouro mesmo que de forma breve e fazendo uso desta teoria percebe-se ainda mais a grande contribuição de Aristóteles para a construção do conhecimento:

O pensamento de Aristóteles começou com o senso comum, mas não parou nele. Foi muito além, acrescentando ao senso comum percepções e entendimentos que nada têm de comuns e cercando-o desses. Sua compreensão das coisas é mais profunda do que a nossa, e às vezes voa mais alto. Trata-se numa palavra, de um senso comum incomum. (ADLER, 2014, p. 13).

Buscando compreender sobre o processo de construção das ideias sobre o movimento que trazem as definições da Cinemática e das leis da Dinâmica para o movimento veremos como o filósofo, cientista e educador grego, Aristóteles, explicava o movimento dos corpos. No entanto, enfatizaremos mais a Cinemática.

2.1.1 Aristóteles (384-322 a.C).

Segundo Hewitt (2011, p. 19-21), Aristóteles explicava que o movimento dos corpos possuía duas principais e grandes classes, a saber: a do movimento natural e a do movimento violento.

A ordem do movimento natural estava associada a um dos quatro elementos da “natureza”: terra, água, ar e fogo do qual ele fosse feito.

Cada objeto no universo tem seu lugar apropriado, determinado pela sua 'natureza'; qualquer objeto que não esteja em seu lugar apropriado se 'esforçará' para alcançá-lo. Por ser de terra, um pedaço de barro não devidamente apoiado cai ao chão. Por ser de ar, uma baforada de fumaça sobe; sendo uma mistura de terra e ar, mas predominante terra, uma pena cai ao chão, mas não tão rápido quanto um pedaço de barro. Ele afirmava que um objeto mais pesado deveria esforçar-se mais fortemente. [...] quanto mais pesado fosse o objeto, mais rápido deveria cair (HEWITT, 2011, p. 19).

A outra classe de movimento, movimento violento, resultava de forças que puxavam ou empurravam.

O movimento violento era o movimento imposto. Uma pessoa empurrando um carro de mão ou sustentar um objeto pesado impunha movimento, como faz alguém quando atira uma pedra ou vence um cabo de guerra. O vento impõe movimento aos navios. Enchentes impunham-no a enormes rochas e troncos de árvores. [...] eles se moviam não por si mesmos, nem por sua "natureza", mas por causa de empurrões e puxões (HEWITT, 2011, p. 19).

As explicações de Aristóteles ficaram sem questionamento por quase 2000 anos, porém é marco inicial para o pensamento científico. Atualmente o pensamento aristotélico é tido como conhecimento empírico ou senso comum sobre o movimento.

Nesta perspectiva, as teorias do movimento na idade média eram representadas de várias formas, uma mistura de conceitos. Havia os seguidores de Aristóteles e por consequência em sua base teórica e outros acreditavam no conceito de movimento como, por exemplo, a definição de Guilherme de Ockham (1285 – 1347), frade franciscano inglês, ou seja, o movimento:

[...] como um objeto tendo existências sucessivas em lugares diferentes sem repouso intermediário, não era uma realidade separada do corpo que se movia. Como o movimento não era um efeito desvinculado do corpo, ele não requeria uma causa, fosse do meio, fosse de uma força aplicada. Um passo importante para se chegar ao princípio da inércia, pois se o movimento não requer uma causa, uma vez que ele exista ele poderá continuar para sempre. (PIRES, 2011, p. 68).

Até o Fim do século XIII, destacou-se uma análise, sobre o movimento, mais qualitativas construídas a partir de observações diversas, no entanto, validadas com as experiências cotidianas agregadas ao estudo Filosófico. No início do século XIV,

um grupo de filósofos e matemáticos do colégio de Merton, em Oxford, apresentou um trato quantitativo para o movimento estudando-o tanto do ponto de vista da causa quanto do efeito. Início da distinção entre a Cinemática e a Dinâmica (PIRES, 2011).

Definiram a partir daí os parâmetros para tratar da Cinemática:

Apresentaram a ideia de velocidade como um conceito ao qual podemos atribuir um valor numérico (mas a velocidade foi tratada como um conceito escalar), distinguiu velocidade de velocidade instantânea e definiram movimento uniforme (movimento com velocidade constante) e uniformemente disforme (*uniformiter disformis*), que é o movimento uniformemente acelerado. (PIRES, 2011, p. 71).

Então, o movimento pode ser medido! Como surgiu o conceito abstrato de velocidade? Segundo (LINDBERG *apud*, PIRES, 2011, p. 72).

A ideia fundamental era que qualidade ou formas podiam existir em vários graus ou intensidades: não existe um grau único para quente ou frio, mas uma variação de intensidade, ou grau, indo do muito frio ao muito quente. Além disso, foi reconhecido que formas ou qualidades podiam variar do mesmo modo; isto é, elas podiam ser intensificadas ou enfraquecidas. Quando essa discussão geral de qualidades e suas variações foram transferidas para o caso particular do movimento local a ideia de velocidade apareceu.

Com isso, faz-se uma relação do exposto acima com o que Aristóteles relatava sobre os atributos dos corpos físicos. Os atributos figuram-se como os aspectos que dão as “características” de um corpo físico e são nesses aspectos principais que as coisas mudam, por exemplo: em quantidade (quando aumentam ou diminuem de peso ou tamanho); em qualidade (quando mudam de formato, cor ou textura); em lugar ou posição (quando passam de um local a outro) (ADLER, 2014).

Segundo Pires (2011, p.73) o bispo católico, economista e matemático, Nicolau de Oresme (1325 – 1382) partindo da ideia de representações geométricas de ‘qualidades’, pensando na variação de qualidade como amadurecimento de uma fruta dentro do conceito aristotélico envolvido e nos teoremas formulados pelos

sábios de Merton, inferiu que a “intensidade de uma velocidade aumentava com a rapidez da mesma forma como o avermelhamento de uma maçã aumentava com o amadurecimento”. Nesta perspectiva, daqui para frente apresentaremos as representações de Oresme, citado por Pires (2011). Oresme apresentou uma analogia entre a temperatura de uma barra aquecida e a velocidade, figura 1, e, também apresentou uma demonstração análoga a que Galileu faria para representar a velocidade média três séculos depois, figura 2.

Quadro 1 – Figuras usadas por Oresme.

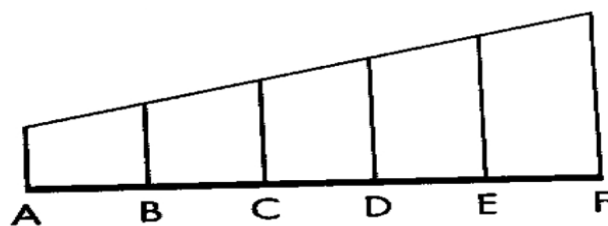


Figura 1 – Analogia entre temperatura de uma barra aquecida e a velocidade.

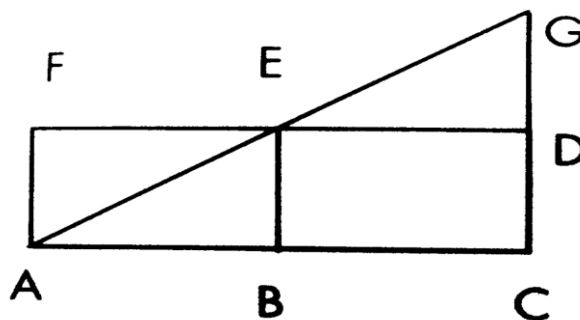


Figura 2 – Diagrama usado para demonstrar o teorema da velocidade média.

Fonte: adaptado de Pires (2011, p.73).

O autor explica que na figura 1 Oresme considera uma barra aquecida tal que a temperatura aumente uniformemente de uma extremidade à outra. A linha horizontal representa o objeto e o segmento vertical, cada ponto na figura, representa a ‘intensidade do calor’ naquele ponto. Considere agora para a figura 1 um corpo em movimento com uma velocidade que varia no tempo. A linha horizontal neste caso é a permanência do movimento e a velocidade é representada na vertical.

Na figura 2 Oresme traz uma demonstração de uns dos teoremas da escola de Merton que diz: a distância percorrida na primeira metade de um movimento uniformemente acelerado é igual a um terço da distância percorrida na segunda metade, ou seja, a área do quadrilátero BEGC é três vezes a área do triângulo AEB, na figura 2.

Oresme representou a velocidade uniforme por uma figura onde todos os segmentos verticais são iguais e, por consequência, um movimento uniformemente acelerado os segmentos verticais variam uniformemente de tamanho e identificou a 'quantidade total' de movimento com a distância percorrida, que no seu diagrama era representado pela área da figura 2. Mas velocidade como grandeza não tinha unidades. Somente a linha horizontal (o tempo) sendo uma quantidade no sentido métrico, enquanto que a linha vertical representa a intensidade de uma qualidade, ou seja, em graus de 'mais' ou de 'menos'. E a área não era para ele igual à distância percorrida, mas uma medida da mesma com unidades somente no sentido conceitual imaginário de uma gradação.

Porém, Oresme citado por PIRES generaliza:

[...] as distâncias percorridas em intervalos de tempo iguais, sucessivos, em um movimento uniformemente acelerado estão entre si na razão 1:3:5, etc. (a série de números ímpares começando com 1), o que pode ser facilmente demonstrado considerando a área sobre a curva em cada intervalo. Desse teorema segue-se um resultado importante. Consideremos cada segmento AB, BC,... , (no eixo do tempo e estendendo a figura 2) como unidade igual à unidade de tempo, e o triângulo AEB como unidade de distância. No primeiro intervalo de tempo temos, por definição, $t = 1$, $d = 1$. No segundo intervalo temos $t = 2$, $d = 4$ (a soma das áreas nos dois intervalos), no terceiro $t = 3$, $d = 9$, mostrando que a distância percorrida é proporcional ao quadrado do tempo (PIRES, 2011, p. 74).

Os filósofos medievais lidavam apenas com os problemas relacionados ao movimento de maneira hipotética, sem fazer qualquer tentativa para relacioná-los com os movimentos reais da natureza, porém de fato não seria tão fácil fazer, pois como determinar experimentalmente na época se um movimento era uniformemente acelerado ou não?

É necessário afirmar que a cosmologia medieval estava interessada na natureza do céu e nas causas dos movimentos celestes, tema bastante importante do ponto de vista histórico que faz parte da construção das ideias de movimento: geocentrismo e o heliocentrismo.

2.1.2. Copérnico (1473-1543).

Para Aristóteles parecia evidente que a Terra possuía um lugar apropriado no universo e, também, não parecia atuar uma força imensamente grande para movê-la, assim ela permanecia parada. Percebesse que as concepções de Aristóteles para inferir que a Terra não estava em movimento eram lógicas e consistentes com as observações do dia a dia, ou seja, o modelo interno formado das observações externas era satisfatório, pois conseguia explicar os casos mais superficiais acerca do movimento que era o ponto nevrálgico da época.

Entretanto, o astrônomo polonês Nicolau Copérnico, que definiu sua teoria do movimento da Terra, seria tal que, a única forma de explicar os movimentos do Sol, da Lua e dos planetas seria supor que a Terra e outros planetas movimentassem em órbitas circulares em torno do Sol. Essa dedução ficou conhecida como heliocentrismo. O modelo copernicano apresentava a seguinte estrutura:

[...] o primeiro lugar, abaixo do firmamento ou da esfera das estrelas fixas, coube à esfera de Saturno, dentro desta está contida a esfera de Júpiter, depois a de Marte; o Sol é circundado pela esfera de Mercúrio, em seguida Vênus, de modo tal que os centros das esferas dos cinco planetas se encontram na proximidade do Sol [...] o globo terrestre não diversamente dos outros corpos planetários tem movimentos próprios entre eles (LOPES 2014, p. 13).

Em uma de suas declarações mais polêmica Copérnico afirma:

Não hesitamos em aceitar que tudo que se encontra no mundo sublunar e também o centro da terra, gira em torno do Sol com uma revolução anual através daquela grande esfera entre todos os outros planetas e que é em torno ao Sol que se encontra o centro do universo; e que, dado que é o Sol a permanecer imóvel, o seu aparente movimento se verifica na realidade nos movimentos da terra (LOPES 2014, p. 15).

Relatos dão conta de que a Igreja, na época, defendia e disseminava os pensamentos aristotélicos, ou seja, o geocentrismo. Desse modo, a teoria heliocêntrica não só contradizia a Astronomia da época como também colocava em dúvida a interpretação dos teólogos acerca de um trecho bíblico que colocava a Terra como imóvel (LOPES, 2014). Com receio, principalmente da Igreja, Copérnico foi cauteloso em suas publicações, ocorrida somente em 1543. A defesa do heliocentrismo foi o principal motivo para que o Italiano Giordano Bruno (1548-1600) filósofo e teólogo, fosse excomungado e queimado vivo pela Santa Inquisição em 1600.

Entretanto, para Pires (2011, p.85) muitas das ideias introduzidas por Copérnico já existiam na literatura. “Ele não usou uma nova Física, baseou seu trabalho nos princípios aristotélicos; a maquinaria de epiciclos e excêntricos já havia sido usada antes”, e isso configurou seu principal problema da época, uma vez que a refutação das ideias de Aristóteles deveria ser acompanhada pela formulação de uma alternativa. “Copérnico não criou uma Física nova que substituísse a Física aristotélica e teve, assim, que usar os princípios de Aristóteles”.

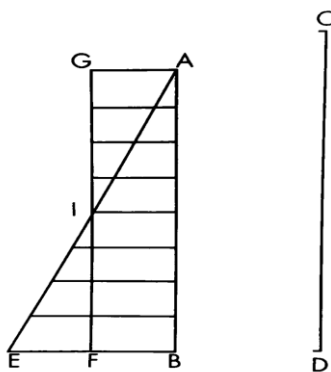
2.1.3. Galileu Galilei (1564-1642).

Para Hewitt (2011, p. 21-22), foi Galileu “o mais importante cientista do século XVII, quem deu prestígio à opinião de Copérnico sobre o movimento da Terra”. Além disso, dando mais ênfase a observação e experimentos do que para a lógica refutou com facilidade as ideias aristotélicas. Segundo (HEWITT, 2011) “Galileu estava mais interessado em como as coisas se movem do que por que elas o fazem. Ele mostrou que a experimentação, mais do que a lógica, é o melhor teste de conhecimento”.

Galileu, segundo Pires (2011, p.117) demonstrava uma admiração maior por Arquimedes e o método geométrico usado por ele e, assim, de alguma forma percebeu que era possível aplicar ao estudo dos fenômenos naturais um instrumento mais preciso que a lógica escolástica. Por isso, os trabalhos de Arquimedes publicados durante a Renascença, para alguns historiadores, foi um dos principais fatores que levaram à matematização da Natureza, sendo essa a característica principal da revolução científica. Por exemplo, Galileu usou a figura 3

para demonstrar o *teorema 1* referente a velocidade média: *o tempo no qual um espaço é percorrido por um corpo uniformemente acelerado, começando do repouso, é igual ao tempo no qual este mesmo espaço seria percorrido pelo mesmo corpo movendo-se com uma velocidade uniforme cujo valor é a média da maior velocidade e da velocidade exatamente no início da aceleração.*

Tempo é representado pelo segmento AB no qual o espaço CD foi percorrido com um movimento uniformemente acelerado. O segmento BE representa



a velocidade final. As linhas desenhadas igualmente espaçadas em AB e paralelas a BE representam o aumento no valor da velocidade com início em A. Veja que $BF = BE/2$. Sendo, GF paralelo a AB e GA paralela a FB, temos que o paralelogramo AGFB é igual em área ao triângulo AEB.

Figura 3 – Diagrama usado por Galileu.

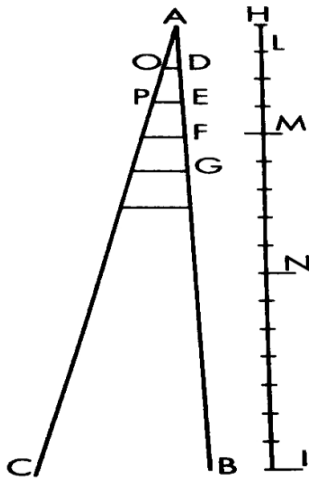
O movimento uniforme é representado pelo retângulo de base BF, que representa a velocidade constante desse movimento, e altura AB que representa o tempo. Como AB é também a altura do triângulo AEB, os dois movimentos têm a mesma duração. Como a área do retângulo ABFG é igual à do triângulo AEB, está claro que espaços iguais serão percorridos em tempos iguais pelos dois corpos, um dos quais, partindo do repouso, move-se com aceleração uniforme, enquanto a velocidade do outro, movendo-se com velocidade uniforme é a metade da velocidade máxima do movimento acelerado.

Outra forma de representação está no teorema 2 proposto por Galileu.

O Teorema 2: os espaços percorridos por um corpo com movimento uniformemente acelerado, partindo do repouso, estão entre si como os quadrados dos intervalos de tempo gasto.

Parâmetros da demonstração (figura 4): sendo A o início do movimento e a linha reta de AB é o tempo na qual se toma dois intervalos quaisquer AD e AE.

Representa-se por HI a distância que o corpo em queda percorre iniciando do repouso em H. Sendo, pois, que HL representa o espaço percorrido durante o intervalo de tempo AD e HM o espaço percorrido no intervalo AE, dessa forma, as distâncias HM e HL estão relacionadas com o quadrado da razão dos intervalos de tempo AE e AD.



A linha AC faz um ângulo qualquer com AB e as linhas paralelas OD e PE representam o aumento de velocidade, por exemplo, PE representa a maior velocidade adquirida durante o intervalo de tempo AE. Dessa forma se a razão de AE para AD é a mesma que aquela de EP para DO, então a razão dos espaços percorridos é a mesma que a razão quadrada dos intervalos de tempo.

Figura 4 – Diagrama usado para o teorema 2.

Observa-se, em relação ao estudo do movimento, que Galileu fez uma unificação das ideias dispersas em uma formulação matemática única, apresentada como um sistema coerente de proposições, com enorme brilhantismo é claro. Porém, mesmo fazendo uso da observação e a experimentação como forma de validar suas ideias, Galileu foi considerado perigoso pela Igreja que o proibiu de divulgar suas obras e ainda sentenciou-o com prisão domiciliar. E mais tarde Isaac Newton formularia o que hoje conhecemos como mecânica newtoniana.

2.1.4. Representação no Ensino superior

Ao invés de continuarmos o processo histórico com Isaac Newton trataremos neste tópico de como suas representações para movimento são tratadas no ensino superior, uma vez que este figura como o grande nome na temática trabalhada. Por exemplo, a maioria dos livros destinam dois ou três capítulos que carregam o nome de Newton: um para falar das Leis de Newton do movimento, um para o estudo das aplicações destas leis e ainda sobre o estudo das Leis de Newton para a gravitação universal, estes três capítulos estudam a causa do movimento, ou seja, a Dinâmica.

Entretanto, enfatizaremos mais a parte da classificação e comparação dos movimentos, chamada de Cinemática, que no geral está dividida em dois capítulos de estudos um referente ao movimento em uma dimensão e outro em duas dimensões, mas antecidos de medição e sistemas de unidades e vetores. Antecipo que as representações matemática e o uso do cálculo diferencial são evidentes.

Os parâmetros de estudo em geral são: posição e deslocamento, velocidade, velocidade média e velocidade instantânea e movimentos com aceleração constante. Por exemplo, o livro Fundamentos de Física volume 1 (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012) que trata sobre Mecânica trabalha esses parâmetros da seguinte forma:

- ❖ Movimento retilíneo: posição e deslocamento; velocidade média e velocidade escalar média; velocidade instantânea e velocidade escalar instantânea; aceleração e aceleração constante como um caso especial.
- ❖ Movimento em duas e três dimensões: trabalha os parâmetros citados anteriormente considerando o caráter vetorial e faz aplicações.

O livro Física, volume 1, Editora: Pearson (KELLER, GETTYS e SKOVE, 1997), apresenta estes parâmetros em dois capítulos:

- ❖ Movimento em uma dimensão: vetor posição e deslocamento; vetor velocidade e velocidade; velocidade vetorial média; movimento com velocidade vetorial constante; aceleração; movimento com aceleração constante; aceleração variável.
- ❖ Movimento em duas dimensões: Posição, velocidade e aceleração e aplicações.

A partir de agora buscaremos descrever como alguns autores pensam nos livros de ensino superior, em especial dois livros, e como lidar com a formalização matemática, ora em caráter específico para a Cinemática, ora em caráter geral.

Em caráter mais específico, o livro Fundamentos de Física (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012, p.13), o movimento unidimensional ou retilíneo é restrito a análise sob três formas:

1. Vamos supor que o movimento se dá ao longo de uma linha reta. A trajetória pode ser vertical, horizontal ou inclinada, mas deve ser retilínea.
2. Às forças (empurrões puxões) modificam o movimento, mas não serão discutidas até o capítulo 5. Neste capítulo, vamos discutir apenas o movimento em si e suas mudanças, sem nos preocupar com as causas. O objeto está se movendo cada vez mais depressa, cada vez mais devagar, ou o movimento mudou de direção? Se o movimento está mudando, essa mudança é brusca ou gradual?
3. Vamos supor que o objeto em movimento é uma **partícula** (ou seja, um objeto pontual, como um elétron) ou um objeto que se move como uma partícula (isto é, todas as partes do objeto se movem na mesma direção e com a mesma rapidez). Assim, por exemplo, podemos imaginar que o movimento de um corpo rígido deslizando em um escorregador é semelhante ao de uma partícula; não podemos dizer o mesmo, porém, de uma bola rolando em uma mesa de sinuca.

São fatores de interpretação que devem ser considerados pelos estudantes, entretanto, as questões problemas, por exemplo, trazem em seus enunciados as partículas: automóveis ou carros, trens, uma pessoa ou até mesmo uma *onda de choque no trânsito* que para o aluno iniciante do nível superior pode ocasionar uma pequena confusão o que pode levar a uma simples memorização.

Os autores Halliday, Resnick e Walker (2012 p. IX do Prefácio,) em caráter mais geral direcionam o livro a responder a seguinte pergunta: ‘o que isto tem a ver com minha vida?’ Pergunta esta, da aluna Sharon num curso que o autor Walker ministrava enquanto doutorando. Segundo o próprio autor, apesar do esforço, a pergunta da aluna ficou sem resposta e causou-lhe uma angústia, pois segundo ele “tinha passado seis anos estudando em dezenas de livros de Física escritos seguindo elaboradas estratégias pedagógicas e com a melhor das intenções, mas faltava alguma coisa”, não havia, segundo eles, qualquer ligação com a realidade. “Faltava diversão”. Consideram também que os problemas da Física devem ser

solucionados usando o raciocínio, ao invés de simplesmente introduzir números em uma equação sem nenhuma preocupação com o significado.

Os autores Keller, Gettys e Skove (1997) no livro Física, volume 1, apresentam o livro com o objetivo de levar o estudante a descobrir a Física e provê-lo com uma apresentação clara e compreensiva da teoria e aplicações. Para isso, os autores usam a sequencia abaixo em cada capítulo:

[exemplo familiar] >> [princípio geral] >> [outros exemplos].

Também, destacam a utilização com frequência de modelos para explicar fenômenos físicos: “A técnica da construção e utilização de um modelo para proporcionar uma descrição aproximada de um processo real é demonstrada sempre que se apresenta uma oportunidade” (KELLER, GETTYS e SKOVE, 1997, p. XIX).

Destes livros se infere que a melhor forma de validar ou refutar uma afirmação Física é a formalização matemática. Atualmente sabemos que a formalização matemática comparada aos experimentos constrói uma teoria física e que o objetivo destes autores é fazer com que o raciocínio prevaleça sobre o uso mecanicista da matemática na resolução de problemas.

Nesta perspectiva da mesma forma que é usada para fazer inferência e produzir respostas válidas, a formalização matemática, responde as regras próprias da matemática, no entanto, deve estar claro que a interpretação física é mais importante e salientar que as afirmações, ou refutações, sem os cálculos seriam difíceis de compreender.

Por exemplo, *um objeto move-se em uma trajetória unidimensional, sobre um eixo, e sua posição como função do tempo é descrita por $x(t) = 1 + 4t - 0,1t^2$ (equação I). Todas as grandezas estão expressas em unidades do S.I. A distância total percorrida pelo objeto entre os instantes $t = 0$ e $t = 30$ s vale, em metros,*

- (a) 30. (b) 31. (c) 40. (d) 50.

O problema do exemplo foi retirado da prova escrita da seleção para o ingresso no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - SBF Seleção Nacional - Turma 2017.

Temos o sistema físico $x(t)$ representado matematicamente similar à função genérica de grau dois, $f(x) = ax^2 + bx + c$ (equação II), que fisicamente é expressa em termos de $x(t) = x_0 + v_0t + (at^2)/2$ (equação III). Vê-se que possuem a mesma estrutura, entretanto, o problema busca saber sobre a distância que um carro, moto, cachorro ou qualquer outro objeto percorreu em um determinado tempo, 30 s. Logo, não importa o que seja esse objeto, se somente se, as condições iniciais de espaço, velocidade e aceleração são válidas e suficientes para prever as demais variáveis finais.

O que queremos é não somente usar as equações e resolvê-las mecanicamente para determinarmos o resultado desejado, mas perceber o que o sistema físico $x(t)$ está a representar. Então com um pouco mais de cuidado ao comparar I e III percebemos que conhecemos o espaço inicial, $X_0 = 1$ m, está no SI (Sistema Internacional de Unidades), a velocidade inicial, $V_0 = 4$ m/s e a aceleração do movimento, $a = -0,2$ m/s².

Agora, uma resolução da questão dentro daquilo que os autores dos livros acima sugerem, seria compreender que se trata de um movimento retilíneo num sentido qualquer, inicialmente por convecção o eixo X, depois de 20 s segundos este movimento inverte seu sentido². Isto tudo é possível apenas devido o sinal negativo da aceleração mostrado no sistema físico $x(t)$. Quando a velocidade final é igual a zero esse é o momento em que o objeto muda a classificação do movimento de retardado para um movimento acelerado e um novo sistema físico $\mathbf{X(t)} = 0,1 t^2$ (equação IV) passa a representar o movimento desse objeto. E a resposta seria a soma da distância que ele parou para inverter o sentido do movimento ($t = 20$ s, $\Delta x(t) = 40$ m) até a distância percorrida dentro do tempo limite de 30 s restante, ou seja, $t = 10$ s, $\mathbf{X(t)} = 10$ m; Logo $\Delta x(t) = 50$ m, alternativa (d), pois o objeto não percorreu a distância de 0 a 1 m, imaginário, para $t > 0$.

² Resultado obtido pela aplicação física das regras de derivação.

Uma solução apenas matemática seria substituir diretamente o tempo de 30 s no sistema $x(t)$ e obteríamos outra resposta diferente daquela dada pela resolução anterior. Logo, $x(t) = 31$ m e entendendo que $\Delta x(t) = 30$ m, alternativas (a) ou (b), respectivamente.

Então como perceber o que calcular? O enunciado trata da *distância total percorrida*, ou seja, uma grandeza escalar então a resposta válida é $\Delta x(t) = 50$ m ou $\Delta x(30s) = 50$ m. No entanto um sentido físico para o valor de $\Delta x(t) = 30$ m é perceber que este valor trata-se do deslocamento do objeto que é uma grandeza vetorial.

É nesta perspectiva que percebemos como a Física é detalhada neste nível de ensino, pois o uso da linguagem matemática para representar os sistemas físicos é evidente, seja nas situações reais do cotidiano, ou hipotéticas, a representação matemática é forte e muitas vezes avançada ou ausente por parte do aluno. Como estamos abordando apenas à Cinemática não aprofundaremos aqui para a representação newtoniana, lagrangeana e hamiltoniana.

2.1.5. Representação no ensino médio

Entende-se que atualmente este tópico apresenta uma ampla rede de discussão acerca daquilo que deve ser ensinado aos alunos, em contínuo processo de pesquisa o ensino médio é ponto de inquietação. Por isso, neste tópico vamos continuar tentando mostrar de forma breve o que vem sendo apresentado no ensino de Física com ênfase na Cinemática.

Para Hewitt (2011) a Cinemática possui os conceitos, provavelmente, menos empolgantes da física, por isso com muita frequência acaba se tornando um 'buraco negro pedagógico' do ensino, uma vez que, se gasta muito tempo para pouca Física. Destaca, ainda, que as equações da Cinemática mais intimidam os alunos do que ajudam a entender o conceito físico. Afirma que em um primeiro momento o estudante vê as expressões da seguinte forma:

$$\zeta = \zeta_0 + \delta\vartheta \quad (V)$$

$$\zeta = \zeta_0\vartheta + (\delta\vartheta^2)/2 \quad (VII)$$

$$\zeta^2 = \zeta_0^2 + 2\delta\zeta \quad (VI)$$

$$\zeta_a = (\zeta_0 + \zeta)/2 \quad (VIII)$$

Para o autor se o objetivo for diminuir a quantidade de alunos da turma, apresente as equações no primeiro dia de aula e anuncie que, pelos próximos dois meses, os esforços da classe consistirão em dar sentido a essas equações. “Não procedemos da mesma maneira com os símbolos padronizados?” (HEWITT, 2011, p. XIII, Carta ao professor). Nesta perspectiva sugere uma ênfase mais conceitual.

Gaspar (2013) dedica aproximadamente sessenta páginas para o estudo da Cinemática com o objetivo de apresentar os conceitos, por meio do quais será possível a descrição matemática do movimento e entende como uma exigência da Física.

De fato entendem que a parte conceitual é muito importante na construção do conhecimento de Física e é nisso que acreditamos também, toda via, buscaremos uma forma de interpretar esses dados e transformando-os em conceitos, ideias estas que serão mais detalhadas a frente.

2.2. Investigação sobre o tema na atualidade

Segundo Rezende, Ostermann e Ferraz (2009), o estado da arte na produção acadêmica do século XXI no ensino de Física realizado entre 2000 e 2007, envolvendo os principais periódicos nacionais na área, está voltado à temática ensino-aprendizagem com 100 publicações que se apoiam nas seguintes subtemáticas, a saber: laboratórios didáticos 34, recursos didáticos 22, metodologias e estratégias de ensino 19, referenciais teóricos para o ensino e aprendizagem 8, levantamento de concepções/dificuldades conceituais 8, conteúdos reelaborados para o ensino médio 5, avaliação da aprendizagem 3 e resolução de problemas 1.

A grande concentração das pesquisas na área de ensino-aprendizagem confirma a tendência do século atual para discutir o ensino de Física e propor melhorias. Entretanto, nos faz refletir, também, sobre a epistemologia da Ciência Física e se a falta da mesma não faz com que as aulas de Física fiquem voltadas à disciplina para desenvolver técnicas de resolução de problemas, sem a verdadeira essência da ciência.

Aprofundando as referências a respeito sobre a ideia de movimento que se constitui como tema básico, iniciatório e fundamental quando comparando a outras matérias, principalmente em um primeiro nível de tratamento, ou seja, as concepções sobre o movimento em si mesmo são surpreendentemente raras (LAHERA; FORTEZA, 2006). Os autores acima, ainda citam Maury, Saltiel e Viennot (1977), seguido de Jones (1983) e depois Canal (1986) como autores de pesquisas com o nível do objeto relacionados à construção de concepções acerca de deslocamento e velocidade.

Para Laburu e Carvalho (1993), as concepções dos alunos sobre o movimento estão praticamente inalteradas desde o momento em que foram construídos pelos sujeitos quando mais novos. Infere-se ainda que para uma melhora significativa na compreensão do conceito se faz necessário uma ruptura das “classes de concepções” dos alunos, conseqüentemente, uma mudança conceitual que envolva inclusive o professor. Para tal ruptura conceitual, os autores Lahera e Forteza (2006) abordam as bases científicas das ciências físicas nos ensinos fundamental e médio, apresentando modelos de aprendizagem apropriados para esses níveis de ensino.

As dificuldades conceituais é parte significativa dos trabalhos dos pesquisadores Pozo e Gómez Crespo (2009), que apontam existência de numerosas dificuldades conceituais específicas na aprendizagem da Física que persistem mesmo depois de longos e intensos períodos de instrução. Os autores direcionam a aprendizagem e o ensino de ciências para uma perspectiva psicológica e ao mesmo tempo didática, entendendo que ambas são complementares.

Longe de uma discussão acerca de competências e habilidades o foco aqui é fomentar a necessidade de uma mudança conceitual da ciência em virtude daquilo se espera da mesma.

Espera que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação dos seres humanos com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), (BRASIL, 1999, p. 229).

De que forma o ensino de Física pode contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva? Será que somente uma cultura científica permite uma interpretação dos fenômenos e processos naturais? Para Kuhn (1970) a cultura científica é aquela que não se afirmou por razões diversas, pré-paradigmática.

Acredita-se ser necessário inserir a educação científica para que ocorra uma interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais em sua dimensão, por isso, propõem-se a investigação de dados, conceitos e princípios (serão tratados a frente) que estão, inegavelmente, presente no cotidiano dos indivíduos como estudo inicial buscando introduzir os Modelos Mentais como teoria de interpretação dos vários conhecimentos, pois de acordo com Pozo e Gómez Crespo (2009, p.80):

Acreditamos que é preciso situar a educação científica no contexto de uma sociedade em que sobra informação e falta marcos conceitual para interpretá-la, de modo que a transmissão de dados não deveria constituir um fim principal da educação científica, que deveria estar dirigida, na verdade, a dar sentido ao mundo que nos rodeia, a compreender as leis e os princípios que regem.

Pressupõe-se que seja essencial buscar uma teoria de interpretação, uma vez que, dentro do atual universo globalizado a informação se faz, efetivamente, presente no cotidiano dos indivíduos apresentando-se nas diversas áreas do conhecimento. Conseqüentemente, concorda-se com a afirmação:

Na sociedade da informação a escola não é mais a primeira fonte – às vezes, sequer é a principal – de conhecimento para os alunos em muitos domínios. Atualmente, são muito poucos os “furos” informativos reservados à escola. Os alunos, como todos nós, são bombardeados por diversas fontes que chegam, inclusive, a produzir uma saturação informativa; nem sequer precisam procurar pela informação: é ela que, em formatos quase sempre mais ágeis e atraentes do que os utilizados na escola procura por eles (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 24).

A escola de fato, necessita de teorias que possam identificar o nível dessas informações e concatená-las ao conhecimento científico de maneira integradora à vivência do indivíduo na sociedade que, por sua vez, delinea o nível intelectual, de consciência e dedicação ao convívio em sociedade dos próprios indivíduos.

Para Pozo e Crespo (2009, p. 19), “o problema é justamente que o currículo de ciências praticamente não mudou, enquanto a sociedade à qual vai dirigido esse ensino da ciência e as demandas formativas dos alunos mudou”. Entenda-se currículo como a maneira de fazer ciência na escola e tal postura social configura-se como uma evolução natural de acesso ao conhecimento e esse desnível, entre o que é ensinado na ciência e o que os alunos aprendem, sugere não só novos métodos, mas, sobretudo, novas metas para o atual cenário educacional.

Ante aos posicionamentos dos autores em sugerir uma mudança conceitual no ensino de Física verificou-se as concepções prévias dos alunos e como ponto inicial para compreender o que são modelos mentais, nos parece inevitável o questionamento: o que os alunos aprendem? E os que lhes é ensinado nas aulas de Física afinal?

2.3. Mudança conceitual: dados, conceitos e princípios.

Para Arruda e Villani (1994) na aprendizagem científica a mudança conceitual tem como principal hipótese a existência na mente de estudantes das “concepções alternativas” ou “conhecimentos prévios” – são ideias intuitivas relativamente estáveis, parcialmente consistentes, úteis para a interpretação dos fenômenos cotidianos – que constituem o ‘conhecimento do senso comum’ presente em quase todas as áreas da ciência, principalmente da Física. Além disso, a resistência a mudanças destas concepções alternativas é anotada como uma das principais causas das dificuldades na aquisição do conhecimento científico (VIENNOT, 1979). A mudança conceitual é feita quando se rompe com essas concepções partindo em direção ao conhecimento científico. De certa forma podemos assinalar que a distância que existe entre o conhecimento científico e o conhecimento comum é igual à espessura dessas barreiras.

Mas então, o que os alunos aprendem? Qual a aproximação desse aprendizado com o conhecimento científico? De que forma a Teoria Física é ensinada? Para tentar responder a todas essas questões, ou mesmo instigar uma curiosidade no leitor, é necessário apresentar três principais conteúdos conceituais: os dados, os conceitos e os princípios.

Pozo e Gómez Crespo (2009, p. 75-81) definem: “Um dado ou um fato é uma informação que afirma ou declara algo sobre o mundo”, “compreender um dado requer utilizar *conceitos*, ou seja, relacioná-los dentro de uma rede de significados que expliquem porque ocorrem e que consequências eles têm” e “os princípios seriam os conceitos muitos gerais com grande nível de abstração, que geralmente são subjacentes à organização conceitual de uma área, embora nem sempre sejam suficientemente explícitos”.

A definição destes conteúdos conceituais que fazem parte do currículo mesmo que não expressos é importante, pois a partir destes podemos perceber mesmo que de forma prematura o que de fato é ensinado nas aulas de Física e o que os alunos aprendem sobre uma determinada Teoria da Ciência Física, por exemplo.

Das definições percebemos que os dados ou fatos não interagem entre si, ou seja, mesmo conhecendo o fato de um objeto cair não é uma certeza que se pode interpretar como o fenômeno ocorre. Uma criança, por exemplo, tem a percepção que os objetos caem se abandonados de certa altura, mas é certo que ela não interpreta o fato.

Com base em Pozo e Gómez Crespo (2009), Dados são partes memorizadas e quando ocorre uma interligação entre estas partes memorizadas cria-se um Conceito, ou seja, aquilo que foi compreendido. Princípio é a generalização dos conceitos, de modo que, Dados, Conceitos e Princípios estão interligados.

E pensando que:

A Teoria Física não é uma explicação, mas um sistema de proposições matemáticas deduzidas de um número reduzido de princípios que têm por objetivo representar da forma mais simples, mais completa e mais exata possível um conjunto de leis experimentais (DUHEM, 2014, p. 46).

A Teoria Física é constituída de dados ou fatos que mesmo conhecendo uma grande quantidade destes não é garantido que o aluno consiga interpretá-la. É óbvio também que não é somente uma informação pura e simples. De fato

interpretar ou compreender um dado é mais difícil do que o conhecer. De certo também que conhecer um grande número de dados acarreta poder levar a criação de conceitos e princípios, mas não é garantia que isso ocorra, pois para o aluno é mais “fácil” reproduzir o que lhe é transmitido do que criar respostas com suas próprias palavras interpretando, assim, aquilo que foi ensinado. Até mesmo porque numa avaliação/prova são comumente avaliados os dados ou os conceitos.

Em caráter mais geral, abaixo, são relacionados alguns fatos ou dados que podem ser aprendidos nas aulas de ciências.

As rochas são formadas por minerais; o símbolo do cobre é Cu; as células nutrem-se, relacionam-se e reproduzem-se; a teoria da evolução foi proposta por Darwin; a temperatura de ebulição da água a uma pressão de 1 atmosfera é de 100°C; o gelo derrete; o álcool evapora a temperatura ambiente; uma distância de 1 quilômetro equivale a 1.000 metros; a aceleração que um corpo experimenta é diretamente proporcional à resultante das forças que atuam sobre ele. (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 78).

É interessante entender que os três conteúdos conceituais: os dados, os conceitos e os princípios estão interligados e fazem parte de uma construção conjunta. Primeiramente vamos definir cada um e depois buscar percebê-los, limitá-los, diferenciá-los em exemplos e, conseqüentemente, classificá-los dentro do que nos remete à aprendizagem da ciência.

Para tanto, buscou-se na Teoria dos Modelos Mentais, uma forma de amenizar esta crise, ao que parece da educação científica.

3. CAPÍTULO II

3.1. Os modelos mentais

3.1.1. Breve histórico

Antes de iniciar a apresentação chama-se a atenção para a importância que se destaca na teoria do modelo, pois ela tanto serve para formalizar o conhecimento científico quanto serve, principalmente, para interpretá-lo justificando, ao que parece, seu uso na pesquisa.

De acordo com Johnson-Laird (2004b), historicamente, não se sabe ao certo a origem da teoria dos modelos mentais. Charles Sanders Peirce, grande lógico norte-americano, apresentava traços de tal teoria em expressar suas contas esquemáticas de raciocínio, pois, segundo ele, podemos colocar diante de nós imagens em movimento através do pensamento.

Vários físicos do século XIX, incluindo Kelvin, Boltzmann, e Maxwell, haviam antecipado a ideia de modelos mentais que também podem ter sido antecipados por pensadores anteriores.

Segundo Smith e Wise (1989, apud JOHNSON-LAIRD, 2004b), o físico Lord Kelvin sobrelevou a importância da construção de modelos mecânicos de teorias científicas. Em uma palestra em Baltimore 1884, ele afirmara: “eu não consigo me satisfazer até criar um modelo mecânico de uma coisa. E se eu posso fazer um modelo mecânico posso compreendê-lo. Enquanto eu não faço um modelo mecânico é por que durante todo esse tempo eu não consegui entender; e é por isso que eu não posso começar a teoria eletromagnética”.

Por isso Lord Kelvin nunca aceitou as equações de Maxwell para o eletromagnetismo, uma vez que ele não poderia construir um modelo mecânico a partir delas. Para Wise (1979, apud JOHNSON-LAIRD, 2004b) a postura de Kelvin soa ironicamente, pois Maxwell tinha um modelo mecânico em sua mente no desenvolvimento de sua teoria.

Ludwig Boltzmann argumentou que as nossas ideias e conceitos são apenas imagens internas. Também destaca que a teoria consiste em construir uma imagem do mundo externo figurando sua existência internamente, assim passa a ser nosso guia para pensamento e novas experiências, ou seja, que está propício, por assim dizer, a complementar o processo de pensar em larga escala, ou em pequena

escala, e ocorrerá dentro de nós sempre que se formar uma ideia (BOLTZMANN, 1899, *Apud* JOHNSON-LAIRD, 2004b). Assim figura-se que a utilização de modelos no pensamento científico foi característica da Física no século XIX.

Existem relatos no século XX, a respeito do grande psicólogo e fisiologista Kenneth Craik, citado por Johnson-Laird (2004), que afirmava se um indivíduo absorve um modelo em pequena escala da realidade externa e de suas próprias ações possíveis, dentro de sua cabeça, é capaz de experimentar várias alternativas para concluir qual é a melhor delas; reagir para situações futuras antes que elas surjam; utilizar o conhecimento de eventos passados para lidar com o presente e o futuro; e, em todos os sentidos para reagir de forma muito mais completa, segura e competente para as emergências que vir a enfrentar. “Porém, estranhamente, Craik acreditava que o raciocínio dependia de regras verbais e não de modelos mentais”. (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 184).

3.1.2. A teoria

A teoria foi apresentada em 1983 no livro intitulado de *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*³ pelo autor Philip N. Johnson-Laird. A partir daí a teoria vem naturalmente desenvolvendo-se, principalmente, fora do Brasil.

Johnson-Laird (2013, p. 5) ancora sua teoria em três princípios fundamentais: em primeiro lugar, “cada modelo mental representa o que é comum a um distinto conjunto de possibilidades”. Portanto, dada uma afirmação: *o movimento está uniforme ou está acelerado* mostra dois modelos mentais para representar cada uma das duas possibilidades⁴.

Em segundo lugar, “os modelos mentais são icônicos”, ou seja, um modelo mental representa a relação entre dois conjuntos estruturais de indivíduos, tanto

³ Modelos Mentais: Rumo a uma Ciência Cognitiva da Linguagem, Inferência e Consciência.

⁴ No pressuposto de que ambos não podem ser verdadeiros simultaneamente.

quanto possível. Por exemplo, a afirmação: *Todos os professores são pedreiros* “tem um modelo que representa a relação entre os dois conjuntos de indivíduos”.

Terceiro lugar, “os modelos mentais com base em descrições representam o que é verdade à custa do que é falso”. Este princípio de verdade reduz a carga em modelos mentais de memória de trabalho e pode levar a previsíveis erros de raciocínio como veremos ao interpretar os modelos mentais que apresentaremos num tópico de outras pesquisas com modelos mais a frente.

Para propor uma teoria interpretativa às várias informações devemos perceber como os modelos mentais são inferidos. Para isso deve-se, contudo, compreender o conceito dos Modelos Conceituais⁵ que será detalhado mais a frente.

3.1.3. Natureza e tipologia dos modelos mentais

Naturalmente os modelos mentais diferenciam-se de outras formas postuladas de representações mentais como os esquemas propostos por Piaget⁶, os subsunçores de Ausubel⁷ e os construtos pessoais de Kelly⁸, mesmo reconhecendo isso, o autor, prefere descrever vínculos limitadores para os modelos ao invés de continuar diferenciando-o das demais propostas (JOHNSON-LAIRD, 1983). Os princípios são elementos necessários que antecedem a tipologia dos modelos mentais classificando-os como modelos físicos e modelos conceituais.

Os princípios além de funcionar como fatores que limitam impondo vínculos que constituem a essência da natureza dos modelos mentais, ou seja, uma vez que não é fácil definir um conceito para modelo mental deve-se apropriar-se dos princípios para amenizar esta dificuldade.

⁵ Modelos conceituais são definidos de forma diferente por Norman e Johnson-Laird.

⁶ Fonte: <http://penta.ufrgs.br/~marcia/teopiag.htm>.

⁷ Fonte: Moreira (2009, p. 161).

⁸ Fonte: O construtivismo de Kelly – aprendendociencias.com.br

A função de cada princípio está descrito abaixo e foi analisada a partir das traduções de Moreira (1997) estruturado em Johnson-Laird (1983).

1. *Princípio da computabilidade*: modelos mentais são computáveis, procedimento efetivo, ou seja, é aquele que pode ser levado a cabo sem implicar nenhuma decisão na base da intuição ou qualquer outro ingrediente ‘misterioso’ ou ‘mágico’.

2. *Princípio da finitude*: modelos mentais são finitos em tamanho e não podem representar diretamente um domínio infinito.

3. *Princípio do construtivismo*: modelos mentais são construídos a partir de elementos básicos organizados em certa estrutura para representar um determinado estado de coisas, pois existe um número infinito de estados de coisas que pode ser representado, entretanto somente um mecanismo finito para construir modelos que os representem, por isso tais modelos devem ser construídos a partir de constituintes mais elementares.

4. *Princípio da economia*: uma descrição de um único estado de coisas é representada por um único modelo mental, mesmo se a descrição é incompleta ou indeterminada. Mas um único modelo mental pode representar um número infinito de possíveis estados de coisas porque esse modelo pode ser revisado recursivamente. Naturalmente há limites para essa revisão. Em última análise, o processo de revisão recursiva é governado pelas condições de verdade do discurso no qual o modelo está baseado.

5. *Princípio da não-indeterminação*: modelos mentais podem representar indeterminações diretamente, se e somente se, seu uso não for computacionalmente intratável, se não existir um crescimento exponencial em complexidade. Este vínculo é um corolário do anterior (4) e do primeiro (1), pois se trata de acomodar cada vez mais indeterminações em um modelo mental isso levará rapidamente a um crescimento intratável no número de possíveis interpretações do modelo que, na prática, ele deixará de ser um modelo mental.

6. *Princípio da predicabilidade*: Se um predicado (palavra) pode ser aplicável a todos os termos ao qual outro predicado é aplicável, logo, eles devem ter âmbitos de aplicação que se interceptam. A virtude desse vínculo é que ele permite identificar um conceito artificial ou não natural. Um conceito que fosse definido por predicados que não tivessem nada em comum violaria o princípio da predicabilidade e não estaria, normalmente, representado em modelos mentais.

7. *Princípio do inatismo*: Os conceitos primitivos são inatos: entende-se que os conceitos primitivos subjazem nossas experiências perceptivas, habilidades motoras, estratégias, enfim, nossa capacidade de representar o mundo. Por isso, para Johnson-Laird (1983) a indefinição é uma condição suficiente, mas não necessária para identificar conceitos primitivos, uma vez que requer elementos únicos do indivíduo, porém, movimento, por exemplo, é uma palavra que corresponde a um primitivo conceitual, mas que pode ser definida.

O autor Johnson-Laird rejeita o inatismo extremo de que todos os conceitos são inatos muito embora alguns tenham que ser 'acionados' pela experiência. Por isso defende a aprendizagem de conceitos a partir de primitivos conceituais inatos ou de conceitos previamente adquiridos.

Entretanto, faz uma ressalva sobre a existência do que chama de primitivos procedimentais que são acionados automaticamente quando um indivíduo constrói um modelo mental. Os primitivos procedimentais não podem ser adquiridos através da experiência porque a representação mental da experiência já requer habilidade de construir modelos da realidade a partir da percepção. Estes procedimentos devem ser inatos.

8. *Princípio do número finito de primitivos conceituais*: este princípio está vinculado ao (2), no entanto um conjunto finito de primitivos conceituais origina um conjunto correspondente de campos semânticos e outro conjunto finito de conceitos, ou 'operadores semânticos'.

Cada campo semântico serve para construir conceitos mais complexos a partir dos primitivos subjacentes. Um campo semântico se reflete no léxico por um grande número de palavras que compartilham no núcleo dos seus significados um

conceito comum. Por exemplo, os verbos associados à percepção visual como avistar, olhar, escrutinar e observar compartilham um núcleo subjacente que corresponde ao conceito de ver.

Já os operadores semânticos incluem os conceitos de tempo, espaço, possibilidade, permissibilidade, causa e intenção. Por exemplo, se as pessoas olham alguma coisa, elas focalizam seus olhos durante certo intervalo de tempo com a intenção de ver o que acontece. Dos campos semânticos derivam nossa concepção sobre o que existe no mundo, sobre o mobiliário do mundo, enquanto os operadores semânticos derivam nossos conceitos sobre as várias relações que podem ser inerentes a esses objetos, por exemplo, velocidade e aceleração.

9. *Princípio da identidade estrutural*: as estruturas dos modelos mentais são análogas às estruturas dos estados de coisas, percebidos ou concebidos, que os modelos representam. Este vínculo decorre do princípio (4), pois as representações mentais devem ser econômicas já que cada elemento de um modelo mental incluso na relação estrutural deve ter um papel simbólico. Não deve haver na estrutura do modelo nenhum aspecto sem função ou significado.

Johnson-Laird (1983) classifica a tipologia dos modelos mentais de informal e tentativa, dado que será a pesquisa que irá definir como são os modelos mentais que os indivíduos têm na cabeça. Um fator importante sobre a tipologia é que eles derivam de um número reduzido de elementos e de operações recursivas sobre eles próprios. Logo, seu poder representacional vai depender de procedimentos adicionais para construí-los ou reconstruí-los e avaliá-los. Uma vez dependente possuem restrições estruturais sobre como é percebida ou concebida dos conceitos que subjazem dos objetos e eventos.

Os tipos de modelos mentais são classificados em duas categorias: os modelos físicos que são os que representam o mundo físico e os modelos conceituais que são os que representam coisas mais abstratas, porém não são percebidos distintamente.

Johnson-Laird (1983) apresenta seis modelos físicos, não únicos, porém postos por ele, como principais e é essencial conhecê-los para quem investiga o

modelo mental de outras pessoas com relação às representações do mundo físico. “Eles podem representar situações perceptíveis, mas não relações abstratas ou qualquer coisa além de descrições de situações físicas determinadas” (MOREIRA, 1997, p.16).

I. *Modelo relacional* é uma espécie de quadro estático que atende ao princípio da finitude, ou seja, os conjuntos de relações, propriedades e resultados derivados representam um conjunto finito de propriedades físicas.

II. *Modelo espacial* é um modelo relacional no qual as únicas relações que existem entre as entidades físicas representadas são espaciais e o modelo representa estas relações localizando os elementos em um espaço dimensional, tipicamente, de duas ou três dimensões.

III. *Modelo temporal* é o que consiste de uma sequência de quadros espaciais de determinada dimensão que ocorre em uma ordem temporal que corresponde à ordem dos eventos, embora, não necessariamente em tempo real.

IV. *Modelo cinemático* é um modelo temporal contínuo que representa mudanças e movimentos do que está a representar sem descontinuidades temporais. Naturalmente, este tipo de modelo pode ‘rodar’ em tempo real e, certamente, o fará se for construído pela percepção.

V. *Modelo dinâmico* é um modelo cinemático, porém pode representar relação de causa entre certos elementos dos eventos representados.

VI. *Imagem* é uma representação, centrada no observador, das características visíveis de um modelo espacial tridimensional ou cinemático implícito. Corresponde, portanto, a projeção do objeto ao evento representado no modelo subjacente.

Com exceção do modelo dinâmico que possui relação de causalidade, os outros estão atrelados à percepção⁹ e podem ser exemplificados pelo sistema físico $x(t) = 1 + 4t - 0,1t^2$, ou seja, eles podem representar situações perceptíveis, mas não relações abstratas ou qualquer coisa além de descrições de situações físicas determinadas e requerem um modelo conceitual.

Por sua vez, os modelos conceituais exigem, mais do que os modelos físicos, um mecanismo de autor-revisão recorrente, pois não têm o referencial do mundo físico.

Johnson-Laird (1983) destaca quatro tipos principais de modelos conceituais.

I. *Modelo monádico* é o que representa afirmações sobre um raciocínio silogístico, por exemplo, relativos a individualidades, suas propriedades e identidades entre elas. Estes modelos têm como característica de acomodar apenas asserções simples de um único predicado indicando propriedades, analogias e não analogias. Para asserções mais gerais é necessário empregar outro tipo de modelo, o relacional.

II. *Modelo relacional* é aquele que agrega um número finito de relações, possivelmente abstratas, entre as entidades individuais representadas em um modelo monádico.

III. *Modelo metalinguístico* é o que contém elementos correspondentes a certas expressões linguísticas e certas relações abstratas entre elas e elementos do modelo de qualquer tipo, incluindo o próprio modelo metalinguístico.

IV. *Modelo conjunto teórico* é aquele que contém um número finito de elementos que representam conjuntos diretos, podem conter também um conjunto

⁹ Para Marr (1982, *apud*, JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 423) A percepção normalmente produz modelos cinéticos, métricos, tridimensionais, geralmente de estados de coisas do mundo, nos quais cada quadro caracteriza as formas dos objetos e as relações espaciais e temporais entre eles em termos de um sistema de coordenadas referido aos objetos. O único problema é a causalidade por ser uma relação abstrata, mas o sistema perceptivo parece ser sensível a ela, ou melhor, dá pistas dela.

finito de elementos que representam propriedades abstratas do conjunto e um número finito de relações incluindo analogias e não analogias entre os elementos que representam conjuntos.

Com isso, Johnson-Laird nos direciona a usar a estrutura da figura 5, por não possuir uma definição única para os modelos mentais decorrente dos estudos e de certa forma surge como possibilidade para identificar os modelos mentais de terceiros.

Nessa perspectiva a concepção e/ou percepção em que surgem podem ser úteis para que conheçamos os modelos mentais dos sujeitos, mas parece óbvio que devemos, primeiramente, conhecer nossos próprios modelos mentais acerca do conteúdo que seja.

Notadamente a teoria configura-se como uma alternativa para interpretar os vários conceitos presentes numa sala de aula seja com um comentário, um desenho, afirmação ou negação e, a partir disso, promover a aprendizagem.

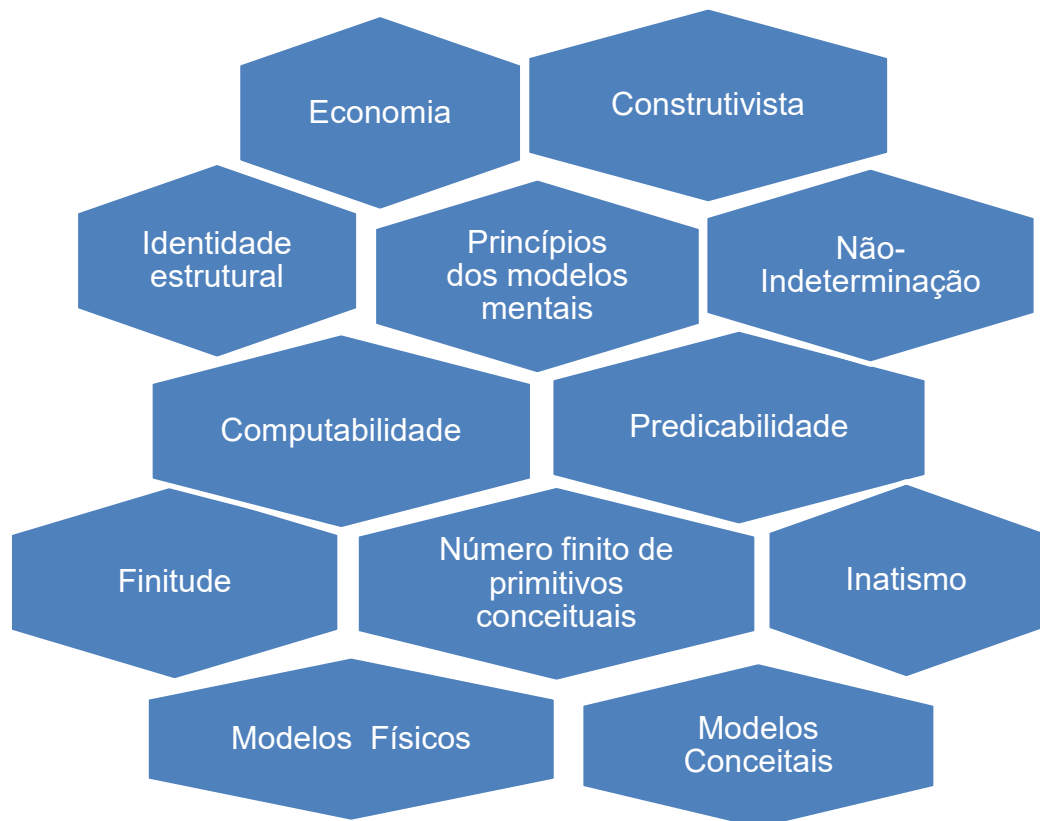


Figura 5 – Articulação entre princípios e tipologia dos modelos mentais.

3.2. Modelos conceituais de Norman

Até agora o trabalho se destinou a procurar entender o que são modelos mentais, como eles funcionam; identificá-los, classificá-los, etc., mas não como ensinar modelos mentais. Modelos mentais não podem ser ensinados, por isso vamos deixar bem claro aqui que os modelos mentais de Johnson-Laird podem ser classificados em modelos conceituais, ou seja, dentro dos modelos mentais de Johnson-Laird existem os tipos de modelos conceituais que os caracterizam em monádico, relacional, metalinguístico e conjunto teórico e, por tanto são diferentes dos modelos conceituais de Norman.

Para Norman (*apud GENTNER e STEVENS, 1983*), Modelos Conceituais são estratégias criadas por professores, pesquisadores, engenheiros, arquitetos, com o objetivo de facilitar a compreensão de sistemas físicos ou estados de objetos físicos e, também, como uma forma de ensinar. Para tanto, modelos conceituais são representações precisas, consistentes e completas de sistemas físicos e caracterizam-se como ferramentas projetadas para o entendimento ou para o ensino destes sistemas. Desse modo, em uma relação não tão simples, agem como instrumentos de apoio para formação de modelos mentais internos análogos aos apresentados no mundo externo.

Ou seja,

Os modelos conceituais são delineados, projetados, por pessoas que usam modelos mentais, para facilitar a compreensão de sistemas físicos por parte de outras pessoas que também utilizam modelos mentais. No ensino, o professor ensina modelos conceituais e espera que o aprendiz construa modelos mentais consistentes com esses modelos conceituais que, por sua vez, devem ser sólidos com os sistemas físicos modelados. Os modelos conceituais são, portanto, instrumentais, meios não fins. [...] Quer dizer, a mente humana opera só com modelos mentais, mas modelos conceituais podem ajudar na construção de modelos mentais que explicam e predizem consistentemente com o conhecimento aceito em certa área. (MOREIRA, 1997, p. 8)

Uma maneira de exemplificar modelos conceituais de Norman é procurar explicar a diferença entre distância percorrida e deslocamento, dado que a primeira é uma grandeza escalar e a segunda vetorial. Para Hewitt (2011) são elevadas as definições para grandeza escalar e grandeza vetorial nos livros didáticos e em maioria aponta, como condição necessária e suficiente, que uma grandeza vetorial deve possuir, bem definidos: módulo, direção e sentido, enquanto a grandeza escalar apenas módulo, pois esta característica a define por completa.

Diante das definições um professor, em sala de aula, poderia usar a seguinte estratégia para explicar os conceitos de distância percorrida e deslocamento: escolheria um aluno ao acaso e representaria uma reta de dimensão (x), conforme Figura 6. O professor no marco zero pede para o aluno fechar os olhos. O professor nesse momento percorreria a representação saindo da origem

até a posição de 10 m e retornando ao marco de 5 m, onde permanece parado e dá permissão para o aluno abrir os olhos. Ao observar a posição do professor na trajetória, o aluno perceberia que o deslocamento realizado foi 5 m e os demais alunos afirmariam que a distância percorrida foi 15 m.



Figura 6 – Eixo x da posição em metros.

O aluno, ausente durante todo o trajeto, só tem a percepção de analisar o início e o fim, enquanto a turma tem mais informações sobre o sistema.

Todavia, vários outros comentários podem surgir a respeito da percepção do aluno com olhos fechados como também dos demais alunos.

Contudo, só é possível aplicar o exemplo porque o professor já possui um modelo mental das definições de grandezas escalares e vetoriais, quer dizer, um modelo mental surge quando o indivíduo consegue fazer inferências, deduções e antecipar eventos partindo do modelo conceitual, para este exemplo, que lhes foi apresentado, funciona como se estivesse “rodando um filme” já visto.

Em resumo,

É preciso distinguir entre sistema físico, modelo conceitual do sistema físico e modelo mental do sistema físico. O modelo conceitual é um modelo preciso, consistente e completo do sistema físico que é inventado para facilitar a construção de um modelo mental (que não é preciso, consistente e completo, mas deve ser funcional) adequado (com poder explicativo e preditivo) do sistema físico. É importante notar que os modelos conceituais são inventados por pessoas que operam mentalmente com modelos mentais. É também importante observar que para identificar modelos mentais de outras pessoas é preciso ter um modelo de modelo mental, isto é, um modelo conceitual de modelo mental (Moreira, 1997, p. 9).

Diante disso trataremos sobre esses conceitos no próximo tópico.

3.3. A teoria física, objeto físico e sistema físico.

É importante, primeiramente, buscar na filosofia um amadurecimento para uma melhor compreensão das coisas que já sabemos. Dessa forma, quando se recorre a Aristóteles, no tocante as três dimensões do homem, se podem identificar alguns traços daquilo de mais a frente e poderemos introduzir na ideia de modelos mentais. Então, caso pensemos o homem como coisa física e/ou corpo físico, conseguimos limitá-lo apenas a três dimensões como a qualquer outro corpo: comprimento, largura e altura que são predicados suficientes para descrevê-lo como coisa física (ADLER, 1997).

Na ótica da Ciência Física um Sistema Físico é o resumo um quadro do mundo Físico/Matéria que está sendo analisado, estudado, observado e/ou experimentado microscopicamente ou macroscopicamente.

Para Smith (2011, p. 256) um sistema físico “é um objeto físico encarado em termos de uma dada representação” e objeto físico por sua vez “são coisas que podem ser entendidas por meio do *modus operandi* da Ciência Física”, ou seja, o objeto físico posição (x) pode ser representado pelo sistema físico $P(x)$. E os *modus operandi* da Ciência Física é justamente os métodos pelo qual se desenvolve a Ciência, logo, elencados nas teorias físicas.

Para o qual é perceptível que uma representação interna é diferente para cada indivíduo, portanto a maneira de explicar um fenômeno físico, uma vez que raciocina, apresenta óticas diferentes para um mesmo enunciado. Mesmo apresentando em sua maioria elementos comuns.

Johnson-Laird (2004a) define o raciocínio como o processo mental de formular uma conclusão a partir de um enunciado, premissas, etc. e este se dá através de modelos mentais. Tais modelos envolvem declarações, culturas, crenças de conhecimento particular ou itens de conhecimento de interesse geral, afirmando que figura-se como a resposta aos estímulos que a mente recebe do mundo externo. A conclusão pode ser uma resposta efetiva ou um “pensei”, “penso”, “achei que”, “acho que”, “talvez” e assim por diante, mas todas orientam uma ação. Desta forma, o raciocínio é o centro da inteligência humana, e sem ele, não haveria leis,

civilização ou mesmo ciência. Por isso, os modelos mentais podem ser deficientes incluindo elementos desnecessários, errôneos ou contraditórios.

Para Moreira (1997, p.10):

No ensino, é preciso desenvolver modelos conceituais e também materiais e estratégias instrucionais que ajudem os aprendizes a construir modelos mentais adequados. Na pesquisa é necessário desenvolver técnicas de investigação apropriadas e, ao invés de buscar modelos mentais claros e elegantes, procurar entender os modelos confusos, “bagunçados”, incompletos, instáveis, que as pessoas realmente têm.

Buscar compreender o raciocínio humano transcende a observação em que uma inferência é válida em virtude de sua forma lógica, se assim for para a Ciência Física, retomamos as lógicas de Aristóteles para explicar o movimento.

Johnson-Laird (2013) ressalta que a forma lógica de uma inferência vai além das construções gramaticais das frases usadas para expressá-la, também depende do contexto e, este, por sua vez, não é facilmente expresso em instalações adicionais. Assim, a construção de uma forma lógica leva inevitavelmente a necessidade de um número infinito de axiomas para capturar as propriedades lógicas das relações. Uma teoria alternativa é que o raciocínio depende de modelos mentais e esta teoria elimina a necessidade de recuperar forma lógica. A introdução do raciocínio na vida diária depende da capacidade de compreender que um conjunto de proposições implica uma conclusão.

Por conseguinte, o raciocínio humano não se faz por lógica mental e sim por modelos mentais uma vez que funcionam como blocos cognitivos que se modelam de acordo com a finalidade prevista, (MOREIRA, 1997). Contudo os modelos mentais não são termos soltos e Johnson-Laird impôs-lhes uma série de princípios que limitam sua análise como já visto.

3.4. Metodologia

Neste tópico trataremos dos procedimentos metodológicos usados no desenvolvimento da pesquisa, a delimitação do tema, a escolha dos sujeitos, coleta e análises dos dados e as considerações sobre este trabalho.

Ressalta-se que o estudo teórico foi todo fundamentado, principalmente, nos escritos de teóricos como Johnson-Laird (1983, 2004b, 2004a, 2013); Pozo e Gómez Crespo (2009); Moreira (1997); entre outros.

Neste trabalho usou-se dos seguintes instrumentos de pesquisa: revisão bibliográfica, levantamento, análise e disponibilidade nas escolas do município de Sena Madureira de temas a serem abordados, aplicações de questionários para os alunos de ensino médio do primeiro ano, interpretação dos dados obtidos e proposição de um produto educacional.

Entende-se que esse caminho metodológico poderá direcionar ou subsidiar novas pesquisas na área, além de servir como elemento delimitador da própria pesquisa objetivando exaurir a questão problema de modo a nos direcionar para respostas mais satisfatórias da proposta inicial da pesquisa.

3.4.1. Sujeitos da pesquisa, escolha do tema e campo de investigação.

A escolha dos sujeitos e delimitação do tema ocorreu entre as instituições no Município de Sena Madureira – AC, que ofertam o nível médio de ensino, seja mantida pela esfera Municipal, Estadual ou Federal. O Município não possui escola da rede particular de ensino. Após o levantamento identificou-se apenas duas instituições que ofertam o nível Médio de Ensino: uma mantida pela rede estadual e outra pela rede federal.

Num segundo momento foi feito o levantamento das turmas de primeiro ano que cada instituição possuía para poder escolher a turma. Mantidas pela rede estadual dez turmas entre os turnos matutino e vespertino e pela rede federal duas turmas uma em cada turno.

Revela-se aqui o desejo em trabalhar na instituição estadual, pois possuía um número maior de turmas e por consequência uma maior diversidade de alunos, porém um último critério foi decisivo na escolha. A pesquisa trata da aplicação dos modelos mentais como teoria para interpretar um tema/conteúdo da Ciência Física, porém o conceito de Movimento trabalhado no conteúdo de Cinemática, visto no primeiro ano do Ensino Médio, e geralmente no primeiro bimestre, ainda não havia

sido concluído. O percalço estendeu-se durante todo o primeiro semestre nas duas instituições. Dada à necessidade de iniciar a pesquisa foi escolhida a instituição da rede federal de ensino, mantendo o tema Movimento e as atividades começaram no segundo semestre de 2016. Portanto, os sujeitos da pesquisa foram os alunos do primeiro ano do ensino médio do turno vespertino da rede federal de ensino (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre – IFAC – Campus Sena Madureira).

Com o exposto sobre a escolha dos sujeitos da pesquisa, a proposta inicial teve que ser modificada e adequada ao perfil dos novos sujeitos. Por isso, antes de começar a aplicação da pesquisa, necessitou-se adquirir experiência em fatores como os novos sujeitos investigados, tempo de aplicação, dúvidas, aceitação e maturidade para com a pesquisa, permitindo perceber as limitações ou possibilidades. Por isso, aplicou-se o questionário do Apêndice B em outra turma de outra escola a fim de adquirir experiência para aperfeiçoar o questionário do Apêndice C.

Considerando as observações anteriores, adaptamos um questionário, (Apêndice C) baseado nos autores (LAHERA e FORTEZA, 2006), tornando-o mais neutro possível para investigar os modelos mentais dos alunos. Este questionário foi aplicado na turma pesquisada tentando criar um ambiente não ameaçador e as fases foram distribuídas em grupos pequenos.

Após a análise dos conhecimentos prévios dos alunos iniciou-se a etapa de construção dos modelos dos alunos e foi dividida em quatro fases, a saber:

Fase 1 – Atividade Prática: aqui foram desenvolvidas atividades em duplas com uso de instrumentos de medidas previamente apresentados aos alunos e coletas de dados. Estas atividades foram adimplidas dentro da disciplina de Educação Física, no horário desta e com a participação do professor.

Fase 2 – Atividade Teórica: formalização dos dados coletados na fase 1 e desenvolvida em sala de aula em outro momento.

Fase 3 – Física aplicada ao cotidiano: a Física na minha vida: como você aplicaria o que aprendeu naquilo que você mais gosta de fazer?

Fase 4 – Descobrimo nosso próprio modelo.

Em alguns momentos, durante as fases, houve a necessidade de entrevistar os sujeitos para que se produzisse insatisfação com os modelos existentes e poderão ser conhecidas na próxima seção, assim como todas as descrições detalhadas das fases e elencar como etapas de construção do produto educacional ao qual se destina este trabalho.

4. CAPÍTULO III

4.1. Resultados e discussões

Todo este capítulo é destinado aos resultados, às discussões concomitantes e comparações com algumas outras pesquisas com modelos mentais.

4.1.1. Conhecendo os modelos: análise dos conhecimentos prévios

Na Física a palavra modelo nos direciona a uma representação mental, idealizada, de um sistema físico ou de um fenômeno natural ao qual o aluno recorre para obter respostas, informações, daquilo que ele está observando.

O universo da Ciência Física fez e faz bastante uso destes modelos que podem ir da queda de um “simples” objeto físico a uma forma de concebê-lo. Nos dois casos necessitamos a priori de uma representação mental. Na queda do objeto físico pode-se desprezar a resistência do ar. Uma bola pode ser concebida com um objeto físico e também como partícula.

Segundo Keller, Gettys e Skove (1997) serão sempre recorrentes a construção de modelos mentais como subsídio de interpretação, por exemplo, o modelo de sistema solar e, segundo os autores, possivelmente, o mais importante deles o modelo atômico de Bohr.

Para Smith (2011) a forma de representar um objeto físico pode ser feita ao usar o campo eletromagnético, ou seja, dar a algo abstrato como uma coisa material ou concreta é um suporte sensível, necessário e legítimo no plano mental para a compreensão do conceito de campo eletromagnético. Afinal a única forma de visualizar o objeto físico, campo eletromagnético, é através de uma entidade matemática de tamanho e orientação que pode ser retratada por uma seta, o vetor. Ressalta-se o trato estrutural do campo a qual não pode ser reduzida a categorias mecânicas.

As possibilidades das variações do campo eletromagnético são percebidas devido à representação que dependem de premissas a serem consideradas para o dado sistema físico, ou seja, o próprio sistema físico que representa as variações do objeto físico (campo eletromagnético) possui peculiaridades. Por exemplo, para um

estudante de Física se uma carga penetra num campo elétrico é interessante saber o sinal desta carga, se positiva ou negativa, para perceber algumas possibilidades, já para uma pessoa que não é da área mesmo com tais premissas não faz sentido algum conhecê-las, ou seja, não tem utilidade prática. Não obstante, o que para o físico é um conceito, ou seja, uma conexão entre dados, para o leigo é apenas dados que serão memorizados.

Nesta perspectiva como é o modelo mental que os nossos alunos são capazes de construir a partir de dados, conceitos e princípios? São variantes e independentes para cada indivíduo mesmo surgindo do mesmo fato observado, então, como ter acesso a esses modelos?

O objetivo aqui é chamar atenção para o que foi observado na pesquisa que apresentaremos a partir de agora. Optou-se por descrever cada passo, relatar os dados e analisar em sequência ancorado nos pressupostos teóricos apresentados supra.

Um primeiro questionário (Apêndice B) foi aplicado na aula de Física na escola Raimundo Hermínio de Melo do mesmo município e teve como único objetivo de adquirir experiência para aperfeiçoar as perguntas sobre o tema investigado e tempo de aplicação. A aplicação deste questionário durou aproximadamente 40 minutos e metade desse tempo foi gasto numa conversa inicial para explicar o objetivo do questionário e amenizar dúvidas; o restante do tempo foi despendido para respondê-lo, individualmente. Surgiram algumas dúvidas sendo necessária uma intervenção sobre algumas palavras que apareciam no questionário como, por exemplo, a palavra “Corpo Físico”.

A partir deste questionário (Apêndice B) observou-se que 70% dos alunos compreenderam o conceito de Corpo como sendo de caráter biológico, ou seja, seria um corpo que para movimentar-se, necessariamente, deveria estar vivo e, dessa maneira, acredita-se que tenha limitado o acesso aos modelos dos alunos.

Esse simples fato, mostrou o cuidado em trabalhar conceitos como objeto físico, corpo, sistema físico, etc., sem a devida atenção. Com o objetivo de contornar

a situação foi usado na pesquisa à palavra Seres em seu sentido amplo, geral. A partir de agora apresentaremos a Sondagem sobre os modelos dos alunos.

De fato não é possível estimar com precisão o percentual alcançado dos modelos mentais dos alunos obtido para o tema proposto, mas teremos acesso aos modelos mais recorrentes que eles usaram para tratar deste.

Nas questões 1 e 2 (Apêndice C) busca-se fazer um levantamento sobre as concepções prévias dos alunos a respeito de rapidez e lentidão. Na primeira questão pede-se que formulem um conceito aberto e na segunda que classifique quais seres eles consideram ser rápidos ou lentos.

Para o conceito de rapidez e lentidão a maioria dos alunos fez uso de tautologias como “rápido”, “veloz” associado à rapidez e “lento”, “devagar” relacionando à lentidão. Mostram-se confusos, mas algo relacionado a algum tipo de mudança de posição ou estado de momento ocorrido dentro de um lapso temporal, seja de forma rápida ou lenta, com certos equívocos, conforme pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Algumas concepções prévias sobre rapidez e lentidão de acordo com as respostas fornecidas na questão 1 (Apêndice C).

| | |
|----------|---|
| Rapidez | “Uma coisa que é muito veloz, que em poucos segundos alcança uma meta”. |
| | “Uma coisa rápida, que tenha velocidade”. |
| | “Para mim rapidez é alguma coisa que é rápido como, por exemplo, um carro, moto, etc...”. |
| | “Em minha concepção rapidez está relacionado a algo ou alguém que seja rápido e tenha rapidez em algo que faz” |
| | “É quando fazemos, ou, quando algo faz com pressa, por exemplo: quando andamos de moto acima da velocidade necessária, a pessoa está muito rápida”. |
| | “Quando alguma coisa ou pessoa atinge uma velocidade maior em menos tempo” |
| | “(Os outros correndo) É a continuidade do aumento de velocidade de certo objeto, automóvel, etc.”. |
| | “Algo rápido. Bem mais rápido que imaginaria ser, assim como Bolt é rápido e outras coisas bem mais rápidas”. |
| Lentidão | “Uma coisa lenta que não possui velocidade” |
| | “Andando lentamente” |
| | “É quando se faz algo bem devagar mesmo, tipo: um caracol, jabuti, etc. eles são muitos lerdos”. |
| | “Pensar e repensar e fica na lerdiza em tomar alguma decisão” |
| | “(Eu correndo) É a desaceleração de um certo objeto ou etc...” |
| | “Lentidão é quando um corpo está à velocidade bem baixa ou está se movendo muito devagar”. |

As duas terminologias fazem parte do senso comum, antes mesmo da época de Galileu, e, ainda hoje, quando se observa um objeto em movimento, no entanto, mesmo não expressando um referencial, aceitamos que um carro a 120 Km/h está ou é rápido. A Ciência Física refuta a existência de um referencial absoluto, mas ao que parece este referencial absoluto exista e é cada um de nós, ou seja, aquele que observa o modelo proposto. Como veremos no decorrer desta seção.

Segundo Hewitt (2011, p.36) é de Galileu o crédito que define *Rapidez* como a “distância percorrida por unidade de tempo”. Para o autor nos livros brasileiros esta definição é “normalmente traduzida para **velocidade escalar**”. O mesmo autor descreve, também, como “**rapidez instantânea**” e “**rapidez média**” o que a grande maioria dos livros brasileiros traz como **velocidade escalar**

instantânea e **velocidade escalar média**, respectivamente. Nesta perspectiva o conceito de *velocidade* que difere de rapidez será apresentado logo mais. A *Lentidão*, por sua vez, está relacionada de maneira diretamente proporcional ao tempo e inversamente proporcional ao espaço.

Nesta perspectiva não houve de maneira clara a apresentação das definições dentro do conhecimento científico. Ficando implicitamente que rapidez, como alguma coisa cada vez mais rápida e que ganha aumento de velocidade, estaria mais próxima de movimentos acelerados; e, lentidão a movimentos uniformes ou movimentos retardados, conforme observamos na Tabela . Não é comum ter essas definições de rapidez e lentidão nos livros de ensino médio, por isso o uso destas palavras.

A questão 2 (Apêndice C) busca questioná-los a respeito daquilo que é seguramente rápido ou lento e instigar a necessidade de evidenciar um referencial de maneira mais clara. Para isso foi proposto que definissem que seres em movimento são mais rápidos ou lentos. O gráfico 1 foi construído com as respostas de 31 alunos.

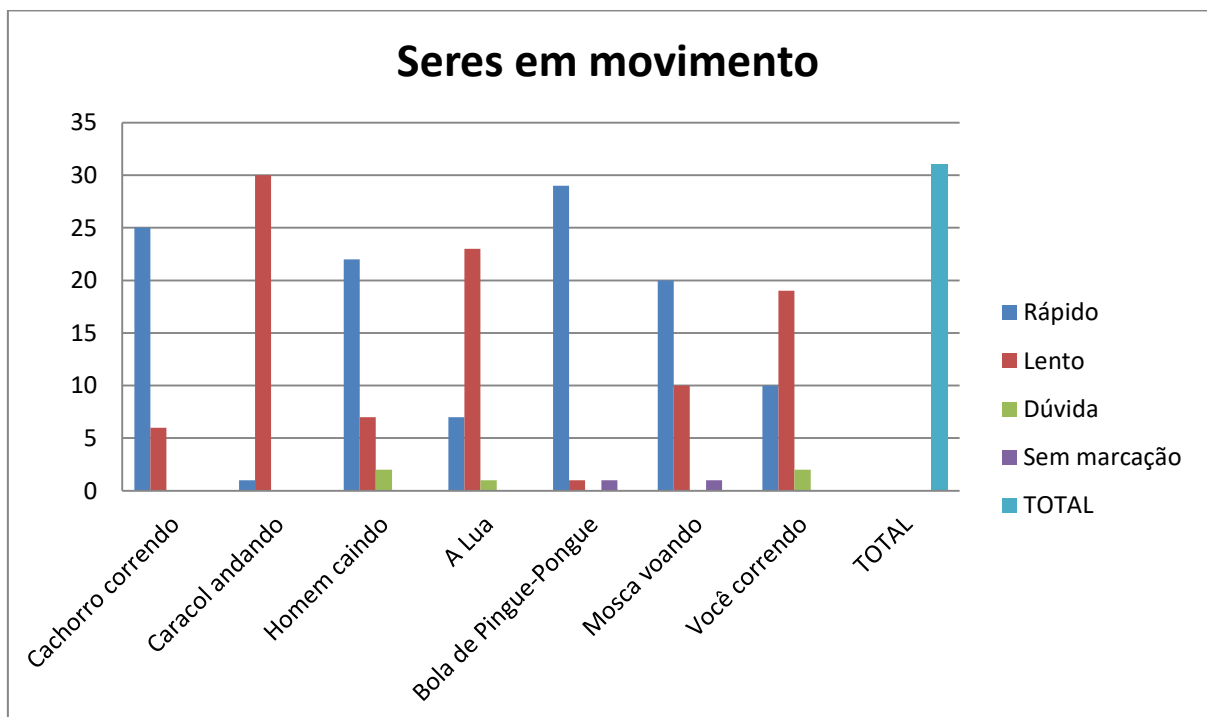


Gráfico 1 – Classificações dos seres em movimento segundo dados obtidos da questão 2, localizada no Apêndice C.

O fato de quase 62% dos alunos se considerarem lentos chamou a atenção em meio ao universo de “seres” analisados, pois a partir daí infere-se uma linearidade diante daquilo que os alunos acreditam ser rápidos ou lentos, uma vez que aponta na direção para que o aluno seja o próprio referencial adotado. Dessa forma, definindo-se o aluno como referencial, temos: o cachorro correndo é mais rápido, 80,6%; o caracol andando é mais lento, 96,8%; a Lua é mais lenta, 74,2%; bola de pingue-pongue é mais rápida, 93,5%; e, por fim, 64,5% acreditam que a mosca voando é mais rápida.

Os resultados levam a hipótese de que as concepções são construídas a partir das experiências vivenciadas ou presenciadas por cada aluno, dessa maneira, sofre grande influência da interação, principalmente, social e cultural. Mesmo sendo modelos únicos, individualmente expostos, para explicar cada fenômeno, visto que tomam variáveis distintas em meio ao cotidiano comum, existe uma enorme “verdade” para aquilo que eles observam, presenciam, experimentam, etc.

A velocidade média de translação da Lua, por exemplo, fica em torno de 3.700 km/h e ampla maioria dos pesquisados considerou-a lenta. Acredita-se que o motivo está no fato dela parecer lenta quando observado o seu movimento do referencial na Terra. Além disso, as respostas para rapidez e lentidão da Tabela 1 e os comentários da Tabela 2, também reforçam essa perspectiva de se ter como referência para explicar algo que é presenciado, vivido ou observado por eles.

Ainda nessa perspectiva, o alto percentual em admitir a rapidez da bolinha está no fato de existir na instituição, em que se aplicou a pesquisa, uma área destinada aos alunos para a prática do *Ping Pong* e Tênis de Mesa.

Tabela 2 – Comentários sobre a questão 2, Apêndice C.

| Comentários dos Pesquisados |
|---|
| “A Lua é bem lenta para saí a noite” |
| “Cachorro correndo é muito lento porque uma vez levei uma carreira e o cachorro não conseguiu me pegar” |
| “Eu sou mais rápido que meus amigos (...)”. |
| “Eu coloquei XX (rápido) no cachorro mais fiquei em dúvida porque em determinados momentos o cachorro corre com rapidez, mas tem situações em que ele corre devagar”. |
| “Eu não sei se um homem cai rápido ou lento” |
| “A mosca voa rápido e devagar”. “O homem depende da altura!” |
| “A bolinha de pingue-pongue às vezes ela é muito rápida mais será que tem algum outro esporte que possa ser mais rápido que pingue-pongue?” |
| “Embora o cachorro seja mais rápido que o caracol, não é mais rápido que a mosca e mais lento que a Lua”. |
| “Cães são velozes por natureza, caracóis lentos por não possuir pés, um corpo em certa altura pode adquirir velocidade altíssima, a Lua leva meses de rotação, a mosca é quase impossível pegar”. |
| “Na verdade eu não sei se a lua é lenta ou rápida...”. |

Mesmo com a evidência de se tomar como referencial absoluto, naturalmente, por isso não percebido por eles, à questão nos foi bastante útil, pois provocou uma inquietação nos modelos dos alunos, uma vez que houve manifesto de dúvidas em certos momentos o que indica uma percepção da limitação que o modelo atual dos pesquisados tem para explicar o fenômeno. O cachorro corre rápido, mas mesmo correndo pode estar não tão rápido ou sobre o questionamento se existe um esporte mais rápido do que a bolinha do pingue-pongue são alguns exemplos. Assim essas dúvidas traduzem, implicitamente, a visão escolar prematura do *relativismo*.

Na questão 3 (Apêndice C) foi proposto uma situação-problema em que os alunos deveriam encontrar um método que avaliasse quem é mais rápido: João ou Lucas.

Percebemos duas linhas de raciocínio principais: uma no sentido de ter mais velocidade (67,7%) e outra de correr por mais tempo (32,3%).

A primeira no sentido de ter maior velocidade, com 67,7%, foi dividida em duas outras formas para resolver essa situação-problema. Destes, 23,8% enfatizaram que uma corrida contra o relógio, sem estabelecer um espaço a ser percorrido resolveria a situação. Os outros 76,2% defendiam que um espaço de “100 m” deveria ser estabelecido e o vencedor seria aquele que o percorresse em menor tempo. No primeiro desprezou-se o espaço tornando-o irrelevante e trataram o tempo como fator qualitativo. Na segunda remondam uma ideia de velocidade à medida que estabelecem os parâmetros a serem observados.

Aos que compreenderam que correr mais é passar mais tempo correndo, com 32,3%; bastariam iniciar a contagem e testar a resistência de João e Lucas, ou seja, enfatizam o tempo quantitativamente.

Menos de 10% dos pesquisados mencionou algum tipo de instrumento de medida, como cronômetro ou fita métrica, para apresentar como prova material na resolução do problema.

Na questão 4 (Apêndice C) foi cobrado definissem o conceito de velocidade de maneira aberta; e, na questão 5 (Apêndice C), que eles descrevessem até três exemplos do cotidiano que usassem o conceito de velocidade.

Na turma 61,3% trouxeram novamente tautologias do tipo “rapidez”, “mais rápido”, “mais veloz” e “é a velocidade do movimento” para associar ao conceito de velocidade. Aos que atribuíram à velocidade o agente causador do movimento somam 16,2%; os que citaram que velocidade é aceleração ou fez a relação tempo/espaço juntos representam 9,6% e apenas 12,9% dos alunos fizeram uma definição aceitável para o conceito, sendo que apenas 25% destes, definiram como relação de espaço/tempo, explicitamente, o que representa pouco mais de 3% do total.

Sobre as situações reais em que utilizavam o conceito de velocidade fizeram referências a objetos móveis (carro, moto, bicicleta, bola, liquidificador, etc.); a correr

(pessoa, animal, etc.); a ações (escrever, falar, digitar, arrumar a casa, etc.); e a objetos caindo. O Gráfico 2 mostra as referências citadas pelos alunos.

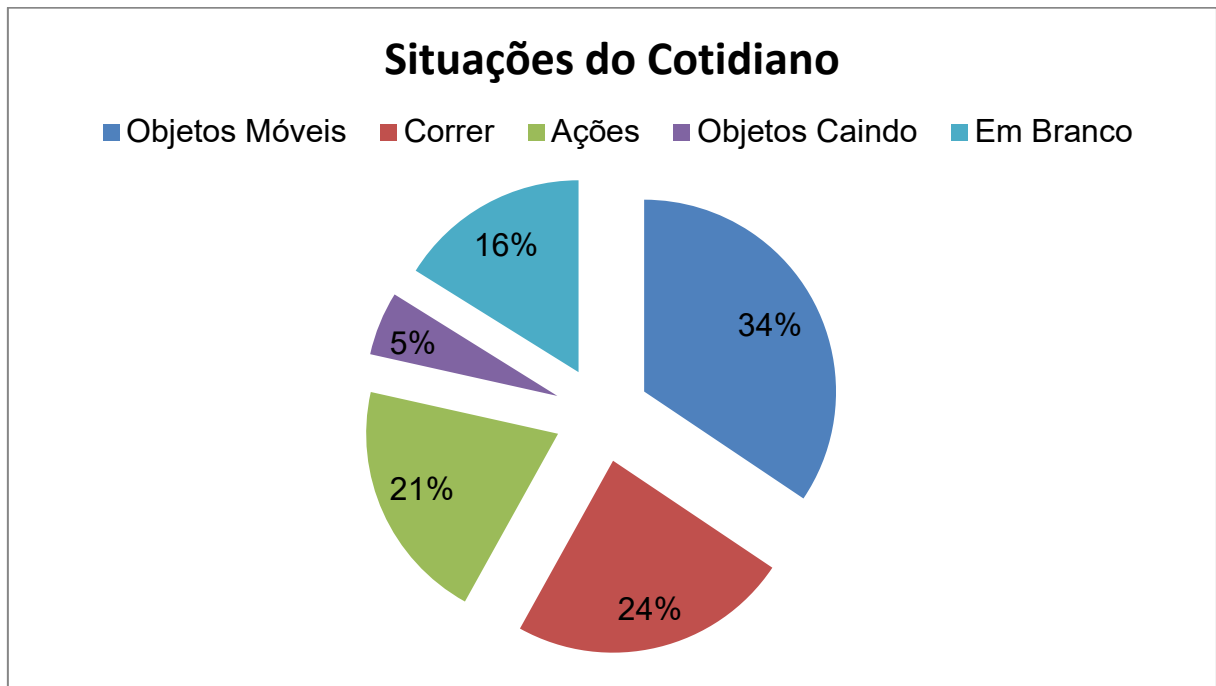


Gráfico 2 – Amostra de situações que empregam o conceito de velocidade.

Quando se conhece “tanto a rapidez quanto a orientação do movimento de um objeto, conhecemos sua **velocidade**”, (HEWITT, 2011, p. 38) e sendo rapidez a relação do espaço/tempo o conceito de velocidade é, então, o módulo da rapidez com direção e sentido. Nesta ótica, não encontramos nenhuma resposta dentro deste padrão tanto para a questão 4 quanto para questão 5.

Observou-se, contudo, que mesmo tendo estudado recentemente o conceito de velocidade os alunos tiveram pouca evolução no sentido de compreender o que lhes foi apresentado, existe também uma necessidade por parte destes em reproduzir fórmulas matemáticas, apontando para uma visão reducionista do termo. Os exemplos foram atribuídos, principalmente, a objetos móveis que fazem parte de seus cotidianos. Talvez seja um indicador para uma mudança conceitual a ser trabalhada com representações mentais mais próximas da realidade dos alunos.

Nas questões 6 e 7, localizadas no Apêndice C, foi trabalhado as concepções prévias dos alunos sobre o vocábulo *aceleração*.

Os resultados para a definição do conceito de aceleração e seus respectivos exemplos na prática cotidiana mostrou-se, em maioria, uma repetição do conceito de velocidade e, por consequência, alta repetição dos mesmos objetos como exemplo.

Para Hewitt (2011) o conceito de aceleração é um dos mais complexos da Ciência Física, pois se trata de uma taxa de variação temporal, ou seja, um objeto físico que provoca ou existe pela variação da variação de outro objeto físico, então eis a dificuldade em entender de imediato que algo derivado de uma variação da velocidade e esta derivada da variação de um espaço, ambos em um lapso temporal qualquer, seja constante ou imaginado constante. Dada a complexidade dos termos envolvidos nos sugere a memorização e é o que vemos nos alunos, a necessidade em memorizar dados.

Observa-se uma influência muito grande das observações diárias, experiências presenciadas e/ou vividas para a estruturação daquilo que ele, indivíduo, acredita ser certo (conhecimento), ou seja, vê-se até aqui a tradução dos teóricos supra para aquilo que é um modelo mental e como são formados. Dados como simples informações que devem ser memorizadas, a linguagem matemática mal compreendida e principalmente a lacuna construída entre teoria e prática. A partir disso, fez-se necessário uma entrevista sobre as respostas de alguns deles.

4.1.2. A entrevista

Foi escolhido, com ajuda da professora da turma, 10 alunos entre aqueles que ela considerava como alunos “mais dedicados”, “dedicados” e “menos atenciosos”. A razão da escolha foi sugerida pela professora da turma para aumentar a percepção e diversificação das opiniões na amplitude da pesquisa. A entrevista ocorreu de forma aberta e tinha como objetivos principais identificar qual o nível de aceitação da disciplina, qual era a opinião do aluno (aluno entrevistado) sobre a disciplina e o porquê das respostas dele e de outro colega, ou seja, procurou-se observar uma perspectiva mais geral sobre as perguntas e respostas.

Como resultado obteve-se que 70% não se identificam com a disciplina, 80% a relacionam diretamente como a Matemática, porém mais difícil, “não é só decorar a fórmula”. Sobre as respostas deles ocorreu algo curioso, pois quanto o

entrevistador perguntava sobre a certeza daquelas respostas os entrevistados afirmavam não ter certeza, “bem eu acho”. Sobre a resposta dos outros colegas eles pouco falaram.

Enfatizando todas essas influências para os modelos mentais das concepções prévias dos alunos levantaram-se alguns fatores básicos, mas não únicos, para caracterizar a limitação destes modelos apresentados: a necessidade de estabelecer um padrão de observação; a falta de um referencial não fixo; não compreender os elementos que envolvem o fenômeno; não ter presenciado o fenômeno; experiências vividas.

E, ao colocarmos vários objetos físicos dispostos, observou-se que as respostas direcionam para o senso comum de conhecimento que será usado para a construção do modelo científico que será proposto em breve.

4.2. Resultados e discussões: reestruturação dos modelos

A alusão da Ciência Física, em meio às concepções prévias dos alunos acerca do movimento, está centrada no quão real este conceito se faz presente no cotidiano dos mesmos. Não obstante, a definição dos parâmetros necessários que agregam ou delimitam a ideia de movimento, por exemplo: referencial, repouso, velocidade, etc., são parâmetros que trazem uma neutralidade característica da própria Ciência. Com isso, essas definições que são genéricas e gerais o aluno não consegue aplicá-las em seu cotidiano e perceber suas várias interpretações ou modelos possíveis, uma vez que só percebem naqueles objetos (carro, moto, etc.) que tem relação direta com o fenômeno. Desse modo, mas não único, caracterizamos como o paralelismo entre o conhecimento científico e o conhecimento cotidiano.

Ao analisar os modelos dos alunos e comparar o nível de conteúdos conceituais que os alunos adquirem nas aulas de Física, com o uso dos livros didáticos, optou-se por construir um modelo a partir das concepções prévias deles. Entendeu-se que durante a pesquisa foi bastante difícil dimensionar o significado da representação mental que o aluno faz do modelo analisado em um livro para usar em seu cotidiano. Pois, para Moreira (1997), tais modelos devem ser funcionais,

fazer uma analogia daquilo que se está observando em um livro com as adversidades do cotidiano é característica de um modelo mental satisfatório.

Entretanto, limitar-se a repetir aquilo que foi definido em um livro didático, tratando-o apenas como mais um dado ou informação, caracteriza-o como um modelo não satisfatório e ainda remete a ideia da tradicional memorização como forma de aprendizagem. Ressaltasse a necessidade da memorização para alguns casos, porém esta não deve ser aceita pelo aluno como uma única via de aprendizagem e quem deve alertá-lo é o professor.

Ainda nesta perspectiva entende-se que se o aluno ainda não consegue construir um modelo funcional é porque não compreendeu o assunto, apenas acumulam dados e não conseguem interligá-los (compreendê-los) e, conseqüentemente, a Ciência Física fica distante da realidade dele.

4.2.1. Fase 1 – Atividade Prática

Para trabalhar a ideia da reestruturação dos modelos foi realizada uma atividade prática na aula de Educação Física com a supervisão e apoio do Professor. A atividade foi desenvolvida em dois momentos. Primeiro foi explicado aos alunos o procedimento de realização dessa atividade e verificar possíveis contribuições por parte deles. Neste momento foram apresentados os instrumentos de medidas a ser usados na atividade como fita métrica, cronômetro e fita dupla face. Construiu-se numa quadra poliesportiva um circuito de 30 metros marcando trechos com a fita métrica a cada 5 metros (Figura 7).

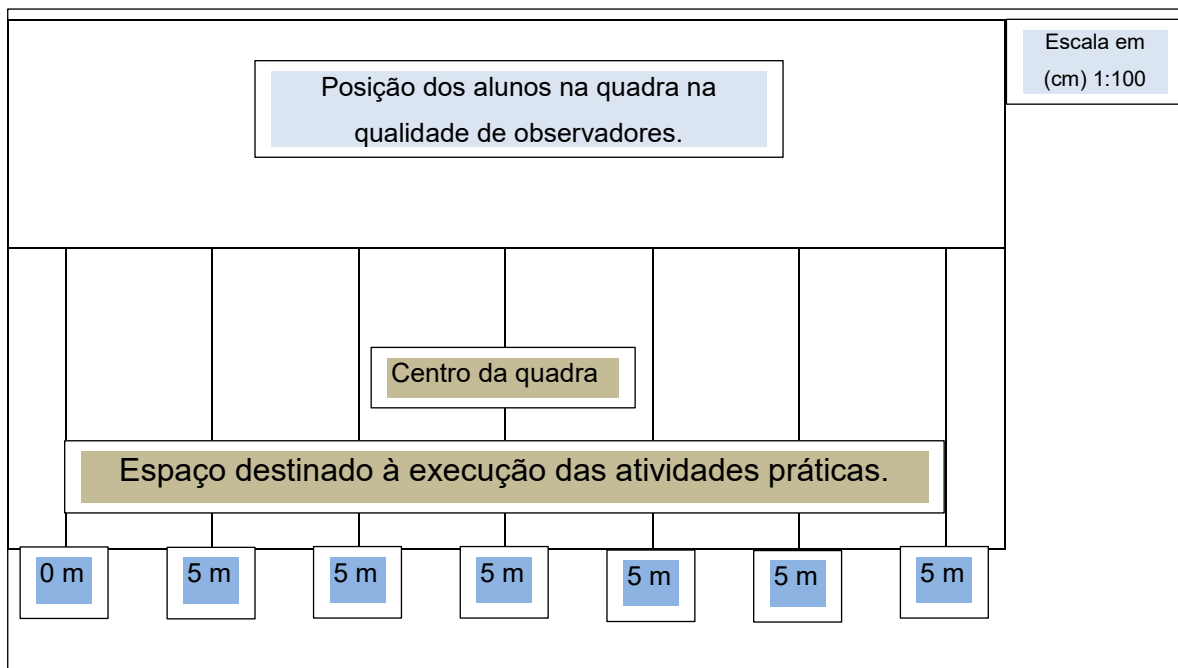


Figura 7 – Esboço do circuito desenhado na quadra poliesportiva.

Durante o desenvolvimento da atividade os alunos foram bem participativos tanto no sentido de querer dar apoio nas marcações quanto na participação efetiva da atividade.

Foi solicitado que duplas de alunos fizessem o trajeto, uma por vez, caminhando no mesmo sentido. A cada 5 metros foi marcado o tempo correspondente a esta distância percorrida. Em seguida foi realizada uma corrida de explosão entre as duplas no mesmo sentido e por falta de instrumento de precisão fez-se a marcação do tempo em todo o percurso, ou seja, dos 30 metros. Por último, cada dupla fez uma corrida de explosão em sentido oposto. O ponto final de marcação do tempo foi o ponto de encontro entre os componentes da dupla dentro da marcação dos 30 metros.

4.2.2. Fase 2 – Atividade Teórica

Com os dados da atividade prática foi elaborada uma atividade teórica para ser trabalhado com os alunos na sala de aula, ou seja, fizemos o caminho inverso, prática/teoria, no alicerce que os alunos já possuem modelos.

A atividade teórica foi construída com os alunos em sala de aula. Num roteiro inicial, montado pelo pesquisador e professor da turma, em que o objetivo era

tratar de alguns parâmetros acerca do estudo do movimento, a saber: tempo, espaço, referencial, repouso, movimento, rapidez/velocidade, lentidão, cálculos, etc., e extraídos da atividade prática. A abordagem dos parâmetros faz referência ao nível médio de ensino e na medida em que surgiam novas observações por parte dos alunos foi reformulando-se o roteiro.

O roteiro transformou-se em uma atividade teórica e durante a aplicação desta foi possível perceber que os alunos recorreram a suas memórias para ilustrar mentalmente o circuito montado na aula de Educação Física, para tentar responder o que lhes era proposto. A atividade aconteceu em grupos que foram montados de maneira aleatória pelo professor da turma.

Para algumas respostas foi necessário considerar certos valores como constantes, pois se percebeu uma inexatidão ou incoerências nas marcações trazidas entre os trechos, como por exemplo, a resposta para as seguintes perguntas: Se a velocidade deles (dupla – caminhando lado a lado) é constante como pode os tempos ser tão diferentes em cada trecho? O instrumento usado para medir o tempo é preciso? E o nosso tempo de reação é exatamente igual? Para obter estas respostas os alunos fizeram uma pesquisa e apresentaram em outro momento para a professora da turma. Na pesquisa abordou-se sobre margem de erro e fatores que limitam a exatidão das marcações por não termos elementos precisos.

A atividade teórica foi dividida em 4 questões (Q1, Q2, Q3 e Q4) que serão apresentadas a seguir e fazem parte do Apêndice D.

Q1. Caminhada 1 (dupla aluno 1 (A1) e aluno 2 (A2) – Os alunos (dupla) caminharam lado a lado e para cada 5 m foi marcado o tempo que levaram para percorrerem esses espaços. A Tabela 3 mostra as medidas realizadas.

Tabela 3 – Medidas realizadas durante a caminhada 1 (dupla A1/A2) – questão 1 (Q1).

| | | | | | | |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| L1 | 3,28 s | 3,62 s | 3,80 s | 3,86 s | 3,72 s | 3,73 s |
| L2 | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m |
| L3 | Trecho 1 | Trecho 2 | Trecho 3 | Trecho 4 | Trecho 5 | Trecho 6 |

a) Quais das linhas estão descritas as grandezas tempo e espaço?

L1:

L2:

Nesta questão além de identificar as grandezas espaço e tempo por sua unidade de medida é necessário uma interpretação gráfica para perceber L1 e L2 e para isso uma indicação na resposta (L1... e L2...). Nesta questão todos os grupos identificaram sem equívocos as grandezas envolvidas.

b) Como você faria para definir se os alunos (A1 e A2) estão em movimento ou repouso?

O caso proposto: foi solicitado que os alunos apenas caminhassem em duplas, juntos, lado a lado enquanto os demais observavam sentados, no meio da quadra e aguardavam a vez.

Para cada 5 metros, marcava-se o tempo relativo àquele trecho até a conclusão dos 30 metros. E neste contexto vê-se a análise de uma dupla (A1/A2) para análise.

A resposta abordava claramente a ideia de referencial e abaixo se traz as respostas transcritas. A definição para Movimento está abaixo identificada pela letra R e as respostas para o que seja Repouso esta representada pela letra R'. Os números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 identificam os grupos aos quais estava dividida a turma, por exemplo, caso fizer referência ao Grupo 6 será escrito com a legenda G6, caso for citar a resposta do Grupo 6 para movimento a legenda será R6 e para repouso R'6.

R1 – “Eles estão em movimento em relação aos outros alunos que estão apenas olhando eles caminharem”.

R'1 – “Eles estão em repouso em relação de um para outro usando como referência um para outro”.

R2 – “Quando os alunos se movimentam em sentido contrário”.

R'2 – “Quando eles andam no mesmo sentido considerando o referencial de cada aluno”.

R3 – “Andando/caminhando”.

R'3 – “Parado”.

R4 – “Quando o tempo está variando”.

R'4 – “Por que o tempo não está variando”.

R5 – “Quando o referencial A1 está em movimento e A2 não está”.

R'5 – “Quando o A1 e A2 estão em movimento”.

R6 – “Quando as coisas estão em movimentos desiguais”.

R'6 – “Quando alguma coisa está parada”.

R7 – “O movimento é quando tá correndo”.

R'7 – “Não sei talvez parado”.

R8 – “Seria se o aluno A1 estivesse à frente de A2”.

R'8 – “Seria se os dois estivessem andando lado a lado”.

R9 – “Movimento é em relação a nós que estamos sentados”.

R'9 – “Repouso se dar para quem estava caminhando junto”.

Pelas respostas dos grupos, dado a movimento e a repouso, observa-se que apenas G6 está vago, pois podemos inferir que o grupo não utilizou o modelo realizado na prática para responder o item, haja vista a presença da palavra “coisa”. As respostas dos grupos G1, G2, G5, G8 e G9 deixam de se ter como “referenciais únicos” e passam a adotar outro referencial. O G3 e G7 estão quase na mesma linha, mas adotam o próprio grupo como referencial. G4 levanta algo curioso: será a variação de tempo um elemento que define o estado natural de um corpo?

Movimento ou repouso? Para o total estima-se quase 67% das respostas aceitáveis para o modelo definido.

c) Diga em que trecho a dupla foi mais rápida? Explique.

O aluno deveria perceber que tempo e velocidade são grandezas inversamente proporcionais o objetivo era que identificassem o trecho e explicassem. Apenas um grupo respondeu de maneira equivocada fazendo relação direta entre velocidade e tempo. “Trecho 4, porque o tempo foi: 3,86 s e o espaço foi 5 m”.

d) Escreva uma maneira para calcular Rapidez e Velocidade.

O item foi colocado como elemento inicial para introduzir a ferramenta matemática nos estudos da Ciência Física. Nesse item, cinco grupos descreveram que velocidade e rapidez é a mesma coisa e três destes definiram como $V_m = \Delta s / \Delta t$, expressamente. Os outros quatro grupos tentaram diferenciar os termos. Exemplo: “rapidez: uma coisa ligeira. Velocidade: tipo um carro andando”.

e) Explique a sua maneira o(s) motivo(s) para os tempos serem diferentes para um mesmo espaço/trecho?

Quase 90% dos grupos pesquisados atribuíram a velocidades diferentes em cada trecho, os demais não souberam responder.

As questões 2 e 3 (Apêndice D) abordaram um nível mais elevado de conhecimento por parte dos pesquisados, posto que se fez necessária a utilização de cálculos matemáticos como ferramenta de apoio para a comprovação de algumas conclusões físicas obtidas pelos alunos nas questões anteriores. Por exemplo, no último item (e) da questão 1, quase 90% dos pesquisados responderam que existe uma velocidade diferente para cada trecho, e ainda os mesmos 90% afirmam que velocidade e tempo são grandezas inversamente proporcionais. Logo, o objetivo das questões 2 e 3 era perceber se a relação entre velocidade e tempo poderia ser numa representação matemática através dos cálculos.

Nestes itens havia duas possibilidades principais uma que fosse a Matemática uma ferramenta para a comprovação de conceitos por eles observados e foi o que aconteceu. E uma segunda era fazer com que a Matemática permitisse a criação de um conceito mais sólido diante de uma percepção contrária à observada pela grande maioria.

Q2. Caminhada 2 (dupla B1/B2). As medidas obtidas podem ser vistas na Tabela 4.

Tabela 4 – Medidas realizadas durante a caminhada 2 (dupla B1/B2) – questão 2 (Q2).

| | | | | | | |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| L1 | 3,10 s | 3,20 s | 3,75 s | 3,01 s | 3,85 s | 3,73 s |
| L2 | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m |
| L3 | Trecho 1 | Trecho 2 | Trecho 3 | Trecho 4 | Trecho 5 | Trecho 6 |

- a) Encontre a velocidade para cada trecho.
- b) Qual o tempo total?
- c) Qual a velocidade em todo o percurso?
- d) A velocidade em todo o percurso é diferente da velocidade em cada trecho?

O Gráfico 3 mostra o número de acertos da questão 2 em forma percentual.

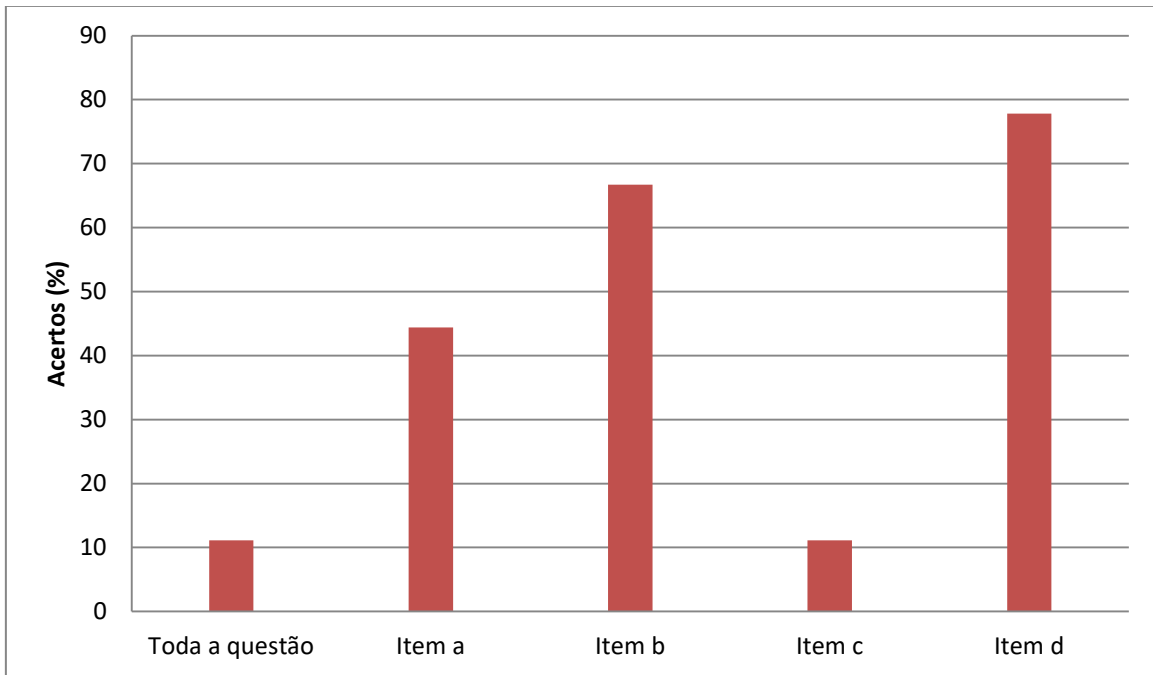


Gráfico 3 – Número de acertos da questão 2 (Q2) em porcentagem.

Os resultados mostram que somente um grupo conseguiu acertar toda a questão onde quase 90% dos pesquisados não conseguiram resolver o item c, mesmo a grande maioria sabendo o item b e a. E percebendo que o item d era realmente diferente, ou seja, não souberam traduzir para a linguagem matemática.

Q3. Corrida de explosão no mesmo sentido. Uma dupla está representada por Aluno 1 (A1) e Aluno 2 (A2) e assim segue as demais duplas. A Tabela 5 apresenta as medidas realizadas.

Tabela 5 – Medidas feitas durante a corrida de explosão no mesmo sentido (dupla A1/A2) – questão 3 (Q3).

| A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 | E1 | E2 | F1 | F2 | G1 | G2 | H1 | H2 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 7,00 | 7,18 | 4,64 | 4,63 | 5,58 | 5,61 | 5,68 | 5,65 | 8,61 | 8,64 | 6,22 | 6,25 | 6,09 | 6,12 | 6,36 | 6,36 |
| 30 metros | | | | | | | | | | | | | | | |

a) A partir da tabela acima faça uma relação dos 5 (cinco) alunos mais rápidos, considerando tempo e velocidade.

b) Como você explicaria o fato de alguns alunos conseguirem correr mais que outros?

Verifica-se, ainda na Q3, a necessidade de uma abordagem qualitativa para verificar a relação inversa da velocidade e tempo. Para inferir a resposta os grupos poderiam usar os dados da tabela 5 com os tempos das duplas e associar com as suas respectivas participações e observações na atividade. Nesta perspectiva, houve um acerto de 22,2% nas respostas dos alunos. E para Pozo e Gómez Crespo (2009) a compreensão dos alunos relativo a referencial e relação de grandezas inversamente proporcionais é um das mais difíceis no estudo inicial sobre o movimento.

A questão 4, é um aprofundamento e traz conceitos sobre velocidade relativa, coloca a Matemática como uma ferramenta de formação de conceito.

Q4. Corrida de explosão em sentido oposto (A1, B1, C1, D1 e E1 partindo da origem), cujas medidas estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Medidas realizadas na corrida de explosão em sentido oposto (A1, B1, C1, D1 e E1 partindo da origem) – questão 4 (Q4).

| Corredor | Tempo | Ponto de encontro | a) Qual a velocidade dos corredores? | | b) Qual aluno foi mais veloz | c) Qual o espaço total percorrido pela dupla? |
|----------|--------|-------------------|--------------------------------------|---|------------------------------|---|
| | | | 1 | 2 | | |
| A1/A2 | 3,28 s | 15,96 m | | | | |
| B1/B2 | 3,00 s | 15,15 m | | | | |
| C1/C2 | 3,13 s | 15,00 m | | | | |
| D1/D2 | 3,30 s | 14,75 m | | | | |
| E1/E2 | 3,15 s | 15,21 m | | | | |

Na questão 4, exclusivamente, usou-se uma metodologia diferente. Os 10 alunos que participaram diretamente da atividade de corrida em sentido oposto formaram dois grupos. Os demais que não participaram e só observaram formaram

outros grupos para responder a questão. O objetivo era separar os grupos e analisar quais dos grupos teria melhor aproveitamento na questão, se foram os que vivenciaram a atividade ou os que só observaram.

Segundo a teoria dos modelos mentais, os que tiveram mais elementos para interpretação deveriam se sair melhor na atividade por perceber mais detalhes e terem mais informações acerca do fato, ou seja, seria possível construir um modelo mental mais elaborado, dessa forma, apontando para o grupo que participou efetivamente da atividade.

O resultado foi dentro do esperado, pois os dois grupos formados por alunos que participaram da atividade tiveram um acerto de 90% e 100%, respectivamente. Dos grupos formados por aqueles que não participaram de forma efetiva da atividade, um desses grupos conseguiu um máximo de 50% de acerto da questão e os demais no máximo a 10% de acerto.

4.2.3. Fase 3 – Física aplicada ao cotidiano

O objetivo dessa fase atendia a seguinte pergunta: como você aplicaria o que aprendeu naquilo que você mais gosta de fazer?

Aleatoriamente foram escolhidos 10 alunos da turma para entrevista a fim de fazê-los construir modelos mentais de movimento uniforme e movimento uniformemente variado a pedido do professor da turma. Na entrevista foi conversado sobre o que eles gostavam de fazer durante o dia-dia. Após essa etapa foi proposto que o estudante envolvesse os conceitos estudados nas fases acima e relacionassem com seu cotidiano, preferencialmente, dentro do que gostam de fazer.

Tivemos quatro classes de atividades cotidianas que eles gostam de fazer em comum: *ouvir músicas*: 4 alunos, *jogar games*: 3 alunos, *conversar em redes sociais*: 2 e *comer*: 1. Os estudantes tiveram que optar por uma atividade apenas, pois a maioria se identificava com mais de uma.

Para formalizar o modelo de como a ideia de movimento está presente nesta atividade juntou-se os alunos que tem *hobbies* em comuns.

E1 – Gosta de jogar *games* de corrida de carros. Criou o modelo de velocidade constante sem aceleração como aquela quando o carro não aumenta a velocidade por falta de marcha. “Se eu não passar a marcha à velocidade não aumenta”. O caso em que ocorrer a passagem de marcha existe aceleração.

E2 – Gosta de fazer e comer doces/brigadeiros: “eu coloco alguns brigadeiros em cima da mesa, uns cinco, com a mesma distância uns do outro e marco o tempo em que vou comer um a um” (“rsrsr”). “Depois vou colocar um mais distante que o outro e tento comer no mesmo tempo em que comi os cinco primeiros”.

Na primeira situação (caso E2) deveria apenas caminhar até o próximo brigadeiro no segundo caso teria que correr cada vez mais rápido para chegar ao próximo brigadeiro.

E3 – Conversar em redes sociais: “acho que a forma com que eu digito lento ou rápido”

E4 – Gostam de ouvir música: a velocidade usada para baixar as músicas às vezes está rápida, às vezes lenta, sempre rápida ou lenta os “kbps”, a velocidade varia. Seria isso?”“.

Foram apresentados pelos grupos os modelos propostos à turma toda e quase 85% da turma se identificaram com as atividades.

Observa-se com isso que a construção da ideia de movimento está relacionada diretamente a ideia de velocidade, entre outros termos, existir movimento é ter velocidade. E esta por sua vez é tratada por eles como grandeza escalar por essência.

Nesta última fase figura-se o que realmente nós devemos nos perguntar.

4.2.4. Fase 4 – Descobrimos nosso próprio modelo

Vimos até agora que os modelos mentais apresentam-se limitados, no entanto permitem interpretar várias possibilidades para um mesmo dado ou conceito e este é o caminho que queremos abordar nesta fase.

Por isso, na última fase dividiu-se a sala em dois grandes grupos: um grupo fez à leitura em sala de aula das respostas dadas pelos alunos no questionário de sondagem e o outro leu as alternativas da Ciência Física para os mesmos objetos de estudo como disposto na Tabela 7, porém as alternativas da ciência não traziam o nome do objeto físico definido, apenas a definição.

Tabela 7 – Alguns exemplos entre as respostas dos alunos e as alternativas da ciência.

| Respostas dos alunos | Alternativas da Ciência Física |
|--|--|
| Rapidez: “Uma coisa rápida, que tenha velocidade”. | _____ : distância percorrida por unidade de tempo. |
| Lentidão: “Uma coisa lenta que não possui velocidade”. | _____ : relação de tempo/espaco. |
| Lua: “a Lua é bem lenta para sair a noite” | _____ : a Lua em relação a nós completa uma volta a cada 27 dias e está acerca de 300.000 Km. Sua velocidade pode ser calculada por $V = 2\pi R/T$. |
| Velocidade: “o movimento, a rapidez que vai aumentando, conforme o tempo vai passando, ou diminuindo”. | _____ : é quando conhecemos a rapidez e a orientação de um objeto. |

Este foi um elemento interessante para a interação da turma, pois possibilitaram discussões entre os colegas, investigações na busca para o levantamento de provas no intuito de identificar qual o objeto físico possui tal definição e, ainda, a busca para estabelecer conceitos certos ou errados.

Depois de explorar esta etapa sentiu-se que era o momento para concatenar o “nosso modelo” com a referência da construção científica que eles têm em mãos, o livro didático.

Primeiro pegamos uma tabela do livro didático (GASPAR, 2014, p. 63), usado por eles, que relacionava tempo e espaço para um percurso de 100 metros. Na ocasião os dados é do corredor *Usain Bolt* na prova masculina dos 4 x 100 m, durante os Jogos Olímpicos de Londres, em 11 de Agosto de 2012 (Tabela 8). Pedimos que os alunos respondessem as questões um e dois da atividade teórica adaptando-as caso fosse necessário.

Tabela 8 – Dados do corredor *Usain Bolt* na prova masculina dos 4 x 100 m nos Jogos Olímpicos de Londres de 2012.

| | | | | | | | | | | | |
|------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| X(m) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| t(s) | 0 | 1,85 | 2,87 | 3,78 | 4,65 | 5,50 | 6,32 | 7,14 | 7,96 | 8,79 | 9,69 |

Fonte: THE SCIENCE OF SPORT. Disponível em: <www.sportsscientists.com/2008/08/beijing-2008-men-100m-race-analysis.html>. Acesso em: out/2016.

Foi solicitado que novamente formassem grupos de cinco componentes para responder as questões um (Q1) e dois (Q2) do Apêndice D. O objetivo desta última etapa foi perceber se os alunos conseguiram formar conceitos próprios sobre os objetos físicos em questão.

Observou-se um destaque no grau de resposta da questão dois (Q2) chegando a 53% de acerto, lembrando que apenas 10% dos alunos haviam acertado toda a questão anteriormente (veja o Gráfico), além de podermos mostrar como a aceleração interfere na velocidade e que a ação da resistência do ar pode interferir no resultado.

A teoria dos modelos mentais preconiza uma percepção para resolução de significativos problemas, caso o individuo venha reestruturar um modelo mental a contento daquilo que se observou do novo. Nesta perspectiva não reproduzimos meramente o problema, observa-se isso na comparação entre as respostas dos alunos com as alternativas dadas pela ciência, conforme a tabela 7, entretanto o resultado se fez satisfatório à medida que definimos a partir da sondagem prévia como deveria ser trabalhado o conteúdo. Os modelos surgem mais alicerçados a partir das experiências cotidianas como observado e dificilmente mudaríamos se deixássemos de abordá-la. Outrossim, nem sempre atingirá uma efetividade máxima, porém poderá servir sempre como novas experiências em sala de aula fazendo com que o professor continuamente reflita na prática de ensinar.

Nesta pesquisa ainda conseguimos diminuir o padrão que os alunos têm a respeito da verdade absoluta da ciência, uma vez que eles foram autores/construtores de um modelo próprio de estudo da Ciência Física. A construção foi uma proposta de um dos grupos e orientada pelo professor da turma. A proposta foi utilizar a própria atividade prática dentro de um livro didático para trabalhar, por exemplo, o conceito de velocidade constante: “admitimos que para cada trecho o nosso tempo fosse o mesmo, então, fez-se uma média aritmética do tempo e construímos nosso próprio modelo, desprezamos a resistência do ar sofrido pelos “nossos” objetos físicos e descobrimos que para cada trecho tínhamos a mesma velocidade e que esta era igual para todo o circuito”. Para complemento se nossa velocidade é “V”, cada trecho de posição é “X” e cada intervalo de tempo de “t” representamos matematicamente o sistema físico por $X(t) = X_0 + Vt$. A representação foi necessária para mostrar que a Matemática é uma ferramenta fundamental na Ciência Física.

4.3. Outras experiências: Modelo mental numa análise qualitativa

O objetivo desta seção é fazer uma análise qualitativa dos modelos mentais de estudantes das áreas de Física, Química, Biologia, Pedagogia e Matemática de conceitos relacionados à velocidade e aceleração (Apêndice A). Para esse fim, serão apresentadas as respostas de um questionário contendo cinco questões abertas sobre velocidade e aceleração e que foram respondidas pelos colegas de mestrado em curso. O tempo estimado para responder foi cerca de 10 minutos e fez parte da apresentação de um seminário na disciplina As Teorias da Aprendizagem ocorrida no primeiro semestre de 2015.

As respostas foram feitas individualmente sem interferência ou instrução do aplicador. Apenas foi solicitado que respondessem as perguntas como eles a interpretavam. Desse modo, como sugerido por Moreira (1997), pretendeu-se identificar os modelos mentais, a priori, “desajustados” que os estudantes viriam a expor acerca das definições de velocidade e aceleração.

Acreditamos que seja suficiente analisar apenas os modelos da pergunta A e as demais podem ser observadas com o mesmo olhar da primeira. Então,

passaremos a expor os modelos mentais dos estudantes e realizar comentários usando a teoria proposta.

Pergunta A: Qual a ideia que você possui a respeito do conceito de velocidade?

A1 – Distância percorrida em relação a um intervalo de tempo.

A2 – Deslocamento dentro de uma distância.

A3 – É a rapidez de deslocamento de um determinado corpo.

A4 – Que é relacionada ao espaço e tempo.

A5 – Relação entre tempo e distância percorrida por um corpo.

A6 – Velocidade equivale a movimento.

A7 – [...] rapidez e lentidão está relacionado ao conceito.

Onde A1, A2,... e A7 são as respostas apresentadas pelos mestrandos.

Optamos pela pergunta de caráter aberto, seguindo o pressuposto teórico para interpretar os modelos apresentados visando, principalmente, uma compreensão daquilo que se entende por velocidade. Lembrando que os mestrandos possuem uma considerável experiência e vivência na área da educação, seja como professores ou gestores. Veja que não definimos qual abordagem deveriam fazer (escalar ou vetorial), mas apenas suas perspectivas sobre velocidade podendo puxar para uma das duas abordagens, ambas ou nenhuma. Com isso, espera-se aprofundar a discussão no sentido de agregar aos objetos físicos em estudo as contribuições que as experiências cotidianas podem fazer, e conseqüentemente, trazer melhorias para o ensino de Física.

Para o modelo mental sobre velocidade A1 temos uma forma resumida de explicar velocidade escalar, devido à presença do termo “distância”, mas limitador, pois não é possível inferir com precisão se A1 é usado pelo sujeito para explicar velocidade escalar média, velocidade escalar instantânea ou velocidade, também. Isso poderá impor limitações em problemas cotidianos que implicarão o uso destes conceitos quando comparamos as seguintes definições:

A palavra velocidade escalar tem diversos significados, como rapidez ou ligeireza, que não podem ser confundidos como o conceito físico de velocidade. O conceito de velocidade escalar que aparece aqui deve ser entendido como provisório; já o conceito físico de velocidade será apresentado no próximo capítulo. A principal diferença entre eles é que a velocidade é um vetor, tem módulo, direção e sentido, enquanto velocidade escalar é uma grandeza escalar, tem apenas valor numérico e unidade (GASPAR, 2014, p. 43).

Se modelos mentais se comportam como blocos cognitivos é possível chegar a conclusões diferentes. Para Gaspar (2014, p. 44) que diz “a velocidade escalar pode ser relacionada **a um intervalo de tempo** [grifo nosso], quando então é chamada de **velocidade escalar média**, ou há um instante, quando é chamada de **velocidade escalar instantânea**”, poderia o modelo A1 explicar o conceito de velocidade escalar média, uma vez que “a um intervalo de tempo” está presente no modelo A1.

Para Sampaio e Calçada (2005, p. 57 e 60) “a velocidade escalar média corresponde a uma velocidade a ser mantida constante pelo móvel, durante o trajeto AB, para que ele o percorra no mesmo intervalo de tempo, enquanto velocidade escalar instantânea é a velocidade escalar num dado instante t ” desse modo, o modelo A1 não é suficiente para tirarmos uma essa conclusão.

O modelo A2 que de imediato parece estranho merece uma análise minuciosa, pois se houve um “deslocamento dentro de uma distância” é perfeitamente possível que isso tenha ocorrido em um lapso temporal. Fato este curioso, uma vez que traz implicitamente o tempo decorrido e produz uma diferenciação entre um modelo mental de deslocamento e outro para distância que são parâmetros que definem velocidade vetorial e escalar respectivamente. Essa conclusão deriva dos princípios e tipologias dos modelos mentais. Além disso, será que esta afirmação faz sentido para um estudante de ensino médio? Bem! Vamos investigar! De fato, podem-se tirar várias conclusões ou nada desse modelo mental, vai depender do nível de entendimento que o leitor possui, por isso chamo a atenção para a importância de compreendermos nossos próprios modelos mentais, pois é o primeiro requisito para perceber as variações dos modelos dos outros.

O modelo A3 traz o termo “rapidez” que Galileu Galilei usava para tratar os conceitos de velocidade escalar, como já destacado, e jamais poderia ser confundido com velocidade, assim como posto por Gaspar, para ele possuía caráter único: vetorial. Dessa forma, para Ciência Física, não poderíamos falar de “rapidez” que se refere à velocidade e “deslocamento” que é espaço. São grandezas diferentes e em termos dimensionais não homogêneos.

O modelo A4 remonta uma redução recorrente da definição de velocidade e nos direciona a refletir sobre a resposta de alguém da área de Física, pois ao mesmo instante em que reduz, também, generalizada, ou seja, tudo que relacionar espaço ao tempo pode ser posto dentro do conceito de velocidade.

O modelo A5 tem uma percepção equivocada sobre os parâmetros que envolvem o conceito de velocidade quando relaciona “tempo e espaço” ao invés de espaço e tempo. São erros comuns quando se pretende decorar um conceito e reescrevê-lo. Disso partimos do pressuposto que o sujeito não possui um modelo mental compatível com o conceito, mas, justamente por isso, precisamos entender se o termo “relação” significa para o investigado uma divisão, no sentido matemático (e se não for?). Essa é uma analogia clara, particular das ciências que deve ser considerada. Além do mais o modelo A5 evidencia as definições dos autores (POZO e GÓMEZ CRESPO, 2009), pois podemos perceber a existência da memorização de dois dados (tempo e espaço), mas que não foi possível chegar a uma interpretação destes, ou seja, relacioná-los adequadamente para estruturar o conceito de velocidade.

Para o modelo A6 percebemos modelos distintos do ponto de vista científico, mas que ele consegue fazer uma equivalência de significados entre velocidade e movimento. O grau de equivalência foi superestimado, pois a definição de movimento é relativa e está ligado diretamente a um referencial. São parâmetros distintos que os condiciona.

O modelo A7 nos traz aquilo que já falamos quando se afirmou que o conceito de velocidade está associado à rapidez e lentidão. Por isso, sem uma conversação, o modelo a priori limita sua interpretação.

As perguntas abaixo e seus respectivos modelos é a continuação do questionário que traz situações bastante interessantes e alguns casos evidencia a

limitação dos modelos mentais anteriores quando aprofundamos os conceitos, por exemplo: “imagino”, “acredito”, “creio” no contexto em que aparecem demonstram dúvida. Além de termos curiosos que são atribuídos ao vocábulo aceleração: “projeto Poronga que acelera os alunos” ou mesmo relacionado a “acelerador”.

Pergunta B: Que pensamento lhe vem à cabeça quando escuta falar sobre aceleração?

B1 – Correr

B2 – Movimentos rápidos.

B3 – O que impulsiona um corpo, deslocando-o em velocidade variável.

B4 – Imagino um carro muito rápido, ou algo muito rápido, ainda acelerador de carro ou moto.

B5 – Uma moto aumentando a velocidade. O projeto Poronga que acelera os alunos.

B6 – Movimento e velocidade.

B7 – Aumento de velocidade.

B8 – Algo que atingiu uma velocidade maior.

B9 – Penso em algo em movimento, ou seja, com uma aceleração. Exemplo: carro, ou corpo em movimento, partículas em movimento.

Pergunta C: O que você entende por velocidade constante?

C1 – Quando a velocidade não possui variação.

C2 – Sem aceleração a velocidade permanece a mesma, portanto, constante.

C3 – A mesma quantidade de movimento.

C4 – Num mesmo espaço de tempo, percorrer distâncias variadas.

C5 – A aceleração se torna fixa, ao ponto de não interferir na velocidade.

C6 – Algo que não para de se movimentar.

C7 – A velocidade será constante se a mesma não variar em intervalos de tempos iguais.

C8 – Quando o corpo mantém uma velocidade que não varia.

C9 – Velocidade obtida com aceleração fixa.

Pergunta D: Na sua concepção, como você julga a afirmação: velocidade constante aceleração nula?

D1 – A aceleração se torna fixa, ao ponto de não interferir na velocidade.

D2 – velocidade que não muda. Aceleração = 0.

D3 – A aceleração se torna nula, ao ponto de não interferir na velocidade.

D4 – Falsa. Acredito que a aceleração é constante também.

D5 – Velocidade constante é quando não há variação na velocidade. Aceleração nula é quando a variação de velocidade é igual à zero.

D6 – Se um corpo mantém a mesma velocidade durante o trajeto, não há aceleração.

D7 – Velocidade constante – objetos ou seres que não sofreram interferências externas durante seu deslocamento. Aceleração nula - ação e reação inexistentes.

D8 – Corpo movimentando-se em uma superfície sem atrito.

D9 – Se a velocidade permanece inerte não há movimentos rápidos.

Pergunta E: Se a velocidade aumenta continuamente o que acontece com a aceleração, aumenta? Diminui? Ou permanece constante?

E1, E2 e E4 – aumenta.

E3 – velocidade aumenta, conseqüentemente aceleração aumenta.

E5 – se a velocidade aumenta a aceleração aumenta.

E6 – A aceleração aumentou também.

E7 – Acredito que a aceleração diminui, por serem grandezas inversas.

E8 – creio que permanece constante.

E9 – Depende do movimento: circular ou retilíneo? No movimento retilíneo se a velocidade aumenta na mesma intensidade em intervalos de tempos iguais a aceleração é constante.

De maneira geral existe uma tendência em acreditar que os objetos físicos só possuem movimento quando é percebida uma velocidade neles, caso contrário não estará em movimento. As respostas também traz uma busca em reproduzir soluções decoradas, incorrendo em associações de termos equivocados como a afirmação de que velocidade e aceleração são grandezas inversas, E7 ou diretas

E5. C3 associa velocidade constante à quantidade de movimento e D1 afirma que aceleração fixa não interfere na velocidade. E ainda existe a presença de situações cotidianas como “correr” exemplos de objetos como “carro” e “moto”.

Neste questionário temos professores das áreas de Física, Química, Biologia, Matemática e Pedagogia e se olharmos para as respostas, de maneira geral, e associarmos com as experiências cotidianas que relacionaremos a carga de estudo na área, mesmo sem aprofundarmos para conhecê-las, pode-se inferir que as respostas traduzem tais experiências, assim como vistos nas respostas dos alunos do primeiro ano.

Talvez seja pretencioso, mas quando observamos as respostas dos alunos, as respostas dos mestrados e relacionamos com as respectivas experiências vividas e/ou presenciadas pelos pesquisados, percebemos a falta em associar o conhecimento científico à prática cotidiana ou mesmo existindo, espontaneamente, não é possível perceber na escrita em vários casos.

Antes de irmos para as considerações finais julgou-se pertinente realizar o levantamento sobre algumas pesquisas no ensino de ciências com modelos mentais, não que todos sejam necessariamente a luz de Johnson-Lair (1983).

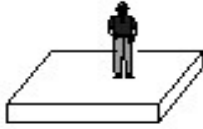
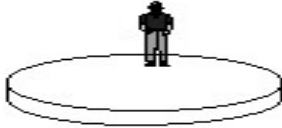



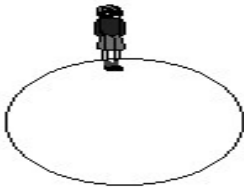
4.4. Algumas pesquisas com modelos mentais

Gentner e Gentner (1983) pesquisaram 36 estudantes de ensino médio e calouros universitários com pouco conhecimento sobre eletricidade. Perceberam em sua pesquisa que a percepção dos alunos em problemas de circuitos elétricos dava-se a partir de duas analogias: os modelos mais comuns que os estudantes usam para representar a corrente elétrica foi a de ‘fluido em movimento’ (analogia hidráulica: fluxo de água através dos canos) e o modelo da ‘multidão em movimento’ (analogia mecânica: a quantidade de pessoas que passa por um ‘portão’ por unidade de tempo corresponde à corrente elétrica, a ‘força com que as pessoas se empurram’ à diferença de potencial). Porém, na previsão desses autores, o primeiro modelo poderia levar a conclusões erradas sobre circuitos com resistores em série ou paralelo, uma vez que os indivíduos poderiam considerar que, independente de como estão ligados, quanto mais resistores maior a resistência do circuito e menor a

corrente. O segundo modelo tenderia a levar à previsão de que dependendo de como estão dispostos os 'portões' a corrente será maior ou menor. Os resultados obtidos confirmaram a previsão de que os alunos que usassem o modelo do fluido em movimento se saíram melhor nas questões sobre baterias do que sobre resistores, enquanto que os que preferissem o modelo da multidão em movimento teriam melhor desempenho nas questões sobre resistores, particularmente em paralelo, do que sobre baterias.

Stella Vosniadou (1994) em suas pesquisas sobre mudança conceitual conseguiu identificar pequenos modelos mentais, concernentes aos conceitos enfocados em uma entrevista, que os estudantes usam consistentemente. Por exemplo, ao entrevistar crianças sobre o conceito de Terra ela encontrou que 80% utilizavam de maneira consistente um dos seguintes modelos da Tabela 9.

Tabela 9 – Modelos sobre o conceito de Terra.

| | |
|--------------------|--|
| 1. Retangular |  |
| 2. Disco |  |
| 3. Dual |  |
| 4. Esfera oca |  |
| 5. Esfera achatada |  |
| 6. Esfera |  |

Fonte: adaptado de MOREIRA, Marco Antônio. Modelos Mentais. In: Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciências - Linguagem, Cultura e Cognição, Reflexões para o ensino de Ciências, Faculdade de Educação da UFMG, de 05 a 07 de março de 1997.

Classificou 1 e 2 de 'iniciais' por estarem baseados na experiência cotidiana e sem influência do modelo científico, culturalmente aceito, de Terra esférica. Os modelos 3, 4 e 5 foram considerados sintéticos porque combinam aspectos dos modelos iniciais e científico. O modelo dual (3): segundo o qual há duas Terras, uma

plana, na qual as pessoas vivem, e outra esférica que é um planeta no céu; modelo da esfera oca (4) em que as pessoas vivem numa região plana interna; o modelo da esfera achatada (5) segundo o qual as pessoas vivem em regiões planas em cima e embaixo.

Para Moreira (1997, p. 25)

Vosniadou interpreta a mudança conceitual como uma modificação progressiva dos modelos mentais que a pessoa tem sobre o mundo físico, conseguida por meio de enriquecimento ou revisão. Enriquecimento envolve a adição de informações às estruturas conceituais existentes, revisão implica nas mudanças nas crenças ou pressupostos individuais ou na estrutura relacional de uma teoria.

A autora conceitua *teoria física estrutural ingênua* e *teoria específica*, buscando diferenciá-las, a primeira é aquela constituída bem cedo na infância, praticamente senso comum, que se inicia com dados isolados que vão se relacionando até constituírem estruturas conceituais complexas. A segunda, como aquela que descreve a estrutura interna de domínios conceituais, nesta perspectiva, os conceitos estão mais ‘encaixados’.

Harrison e Treagust (1996) fizeram um estudo sobre modelos mentais de 48 alunos da oitava série do 1º grau (atual nono ano do ensino fundamental) e do segundo ano do 2º grau (atual ensino médio) relativos a átomos e moléculas. Os autores usam o termo ‘modelo mental’ para descrever as suas interpretações das concepções de átomos e moléculas dos alunos. Esses alunos eram de três diferentes escolas australianas e participaram voluntariamente da pesquisa. Foram utilizadas entrevistas semiestruturadas com duração média de 20 minutos.

Na entrevista o aluno recebia um pedaço de folha de alumínio e um bloco de ferro e lhe era perguntado: ‘De que você acha que são feitos estes materiais?’. O objetivo era fazer com que os alunos chegassem à ideia de átomos e moléculas e caso o aluno não atingisse o objetivo o pesquisador dava uma pista usando o termo ‘átomo’. Após pedia-se ao aluno que desenhasse ou descrevesse seu modelo mental de átomo. Como a maioria dos entrevistados desenhava ou mencionava uma bola ou uma esfera, dava-lhes uma bola de poliestireno de 5,0 cm de diâmetro e um pompom (com núcleo duro) e perguntava-lhes qual desses dois modelos tinha alguma semelhança com seu desenho e descrição. Depois os alunos recebiam uma

folha contendo seis 'diagramas de átomos', tirados de livros didáticos e/ou usados comumente pelos professores, e deviam indicar qual desses diagramas melhor se ajustava ao seu modelo mental de átomo e/ou diagramas que não gostavam. Nessa ocasião, frequentemente os alunos falavam em núcleo, camada eletrônica, nuvem eletrônica, movimento do elétron, prótons e nêutrons. Quando isso não acontecia, o entrevistador dava pistas e perguntava aos alunos sobre nuvens e camadas eletrônicas.

Observe-se que a metodologia usada nesta pesquisa parece ser sugerida aos entrevistados. Os modelos são apresentados ao sujeito que deve escolher dentre eles o que mais se assemelha ao seu. Contudo, este tipo de entrevista chamada 'não tão clínica' tem sido usada na pesquisa em ensino de ciências. A entrevista '*teachback*', por exemplo, consiste de uma conversação entre entrevistador e entrevistado até chegarem a um consenso sobre o pensamento do entrevistado (PINTÓ, 1996).

Greca e Moreira (1996, 1997) conduziram uma pesquisa com 50 estudantes de engenharia em uma disciplina de Física Geral, na qual se propuseram a investigar o tipo de representação mental usado pelos alunos quando trabalhavam com o conceito de campo, particularmente no domínio do eletromagnetismo, ao resolver problemas e questões conceituais. O estudo foi conduzido em dois semestres consecutivos e teve como base conceitual a teoria de Johnson-Laird. O objetivo foi identificar se os alunos, ao resolver problemas e questões de Física, operavam mentalmente com modelos, proposições ou imagens, ou com alguma combinação destes tipos de representações mentais propostos por Johnson-Laird.

No primeiro semestre com 25 alunos e com metodologia individualizada foi conduzido totalmente em condições normais de sala de aula; o conteúdo foi dividido em 20 unidades de estudo e para cada unidade havia um roteiro de estudo e um teste escrito; quando o aluno era aprovado num teste proposto, este passava para o teste seguinte; trabalhava com ritmo próprio e com a possibilidade de repetir quantas vezes fosse necessário para dominar o conteúdo e contava com assistência de monitores. Os dois pesquisadores atuavam como professores e monitores durante todo o semestre, permitindo um elevado grau de interação.

Nesta perspectiva, foi possível distinguir entre estudantes que construíram ou não um modelo mental do trabalho para o conceito de campo eletromagnético e os autores dividiram em categorias: Na primeira foram enquadrados sete alunos e seus modelos foram classificados como basicamente proposicionais (matemáticos) ou essencialmente analógicos (imagísticos); na categoria dos não modeladores foram incluídos 14 estudantes. De um modo geral, eles trabalhavam com proposições soltas (não articuladas em um modelo) e não usavam imagens. Quatro casos foram considerados intermediários entre as duas categorias.

No segundo semestre da investigação, com outros 25 alunos, os pesquisadores continuaram com o mesmo objetivo de identificar o tipo de representação mental usado pelos alunos, porém mudaram a metodologia de ensino e coletaram mais materiais de análise.

Esta pesquisa foi, segundo os autores (GRECA e MOREIRA, 1996 e 1997), o começo de um programa de pesquisa sobre modelos mentais e a aprendizagem de Física que partiu do zero em 1994. Nesse primeiro estudo, apenas tentaram, e aparentemente conseguiram distinguir entre alunos que trabalhavam ou não com modelos mentais, segundo a teoria de Johnson-Laird, enquanto se desempenhavam em tarefas instrucionais de Física.

Do ponto de vista metodológico, este estudo também usou a análise qualitativa de documentos e verbalizações dos alunos, mas, diferentemente dos outros já descritos, completou-a com um tratamento quantitativo.

Borges (1999) apresenta os resultados do estudo sobre os modelos mentais de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo de seis grupos de indivíduos, totalizando 56 pessoas entrevistadas: entre estudantes e profissionais com experiências de escolarização diversificadas. As entrevistas ocorreram enquanto se realizavam experimentos com ímãs, eletroímãs e circuitos elétricos simples. Do estudo foi identificados quatro modelos de eletricidade, cinco de magnetismo e três para explicar o magnetismo no eletroímã. Destacam-se em seu trabalho quais os aspectos dos modelos sofrem mudanças significativas à medida que os sujeitos ganham maior compreensão conceitual e experiência com os fenômenos estudados. Em suma seu objetivo final é descrever como os modelos mentais evoluem.

Greca e Moreira (2002), adotando o referencial dos modelos mentais de Johnson-Laird, encontraram nas suas pesquisas que os modelos mentais gerados pelos estudantes para a explicação e predição de situações físicas concretas, bem como para a compreensão de conceitos físicos dentro do âmbito escolar são determinados, tanto pelo conhecimento geral dos estudantes, como por certos conceitos ou pressupostos mais fundamentais que funcionariam como núcleos desses modelos mentais. Esses núcleos seriam entidades mais estáveis da estrutura cognitiva e determinariam o conjunto de situações que são percebidas como análogas. Desse modo, os núcleos poderiam estar formados tanto por elementos relacionados com os modelos físicos como por outros vinculados aos modelos matemáticos. O processo de aquisição do conhecimento estaria dado por consecutivas reformulações dos modelos mentais dentro de uma mesma família de modelos (que tem o mesmo núcleo) ou pela geração de novas famílias de modelos, ou seja, que permite o estabelecimento ou aceitação de novos núcleos.

Moreira e Krey (2006) apresentaram uma análise sob a teoria dos Modelos mentais de Johnson-Laird das 74 respostas de alunos universitários relativas à Lei de Gauss. Esta análise apontou três categorias de dificuldades apresentadas pelos alunos: i) na interpretação da lei; ii) na sua operacionalização; iii) nos conceitos de superfície gaussiana e fluxo de campo elétrico. A causa principal apontada como geradora das dificuldades seria a de que os alunos não teriam sido capazes de construir modelos mentais e esquemas de assimilação que dessem significado aos conceitos envolvidos. Segundo eles, a forma de apresentação das aulas não foi favorável para facilitar a construção de tais modelos.

Para os autores, ainda, os resultados obtidos indicam que nos cursos introdutórios universitários de Física uma parte considerável dos alunos trabalha com proposições não integradas ou não interpretadas em um modelo mental. As proposições que eles usam são definições e fórmulas manipuladas mecanicamente para resolver problemas ou questões. Alguns, entretanto, dão evidência de construção de modelos e isso parece caracterizar uma aprendizagem mais significativa.

O objetivo nosso com este tópico é buscar relacionar o trabalho atual com estas pesquisas já publicadas no meio acadêmico. Por apresentá-las de forma resumidas a relação será de caráter mais geral, porém não únicas que pode possibilitar, posteriormente, um estudo mais aprofundado.

Em paralelo a todas as pesquisas acima apresentadas, inclusive este atual estudo, não é possível definir um conceito único para modelo mental, entretanto observou-se que os indivíduos pesquisados fazem uso de analogias comuns à experiência cotidiana; dos modelos matemáticos para inferir resultados; e, modelos imagísticos sejam oriundos de sua própria criação ou formados a partir modelos científicos apresentados em livros (no caso do átomo), por exemplo. No entanto, quando usadas de maneira integrada dão a entender a construção de modelos mentais ou mesmo quando usam mais um modelo do que outro, seja somente o modelo matemático ou modelo imagístico de maneira, conforme o caso.

Para tanto, percebeu-se que existem núcleos comuns de modelos mentais mesmo para indivíduos com afinidade, ou não, em um determinado conteúdo.

No que se refere às metodologias usadas observou-se que conseguiram ao que parece antecipar erros ou limitações na interpretação de fenômenos, identificar alguns modelos que são usados para interpretar fenômenos da Ciência Física, quais fatores estão sempre presentes no estudo dos modelos mentais e principalmente nas últimas pesquisas o ganho para o aluno em conseguir fazer uso de modelos mentais para a compreensão dos problemas.

Em resumo as metodologias dos trabalhos apontam para uma evolução significativa ao passo que os sujeitos saem da memorização (dados) e passam a compreender (conceitos) ou ganham experiências com o fenômeno estudado e isso se caracteriza pela construção do modelo.

A pesquisa atual por apresentar elementos de núcleos comuns na construção dos modelos aponta para a mesma problemática, no entanto além de enfatizar como o cotidiano do aluno influencia no construto destes modelos, chamados por Vosniadou (1994) de “iniciais”, tentamos inserir o conhecimento científico dentro do cotidiano do aluno buscando dar sentido àquilo que era

ensinado. Aqui se analisou o que os alunos já sabiam a respeito do tema Movimento limitando-se a um entendimento em nível médio de ensino dentro do que sejam dados, conceitos e princípios para a formação dos modelos mental mais científico. Houve um paralelo entre dados, conceitos e princípios para perceber a evolução dos modelos mentais dos indivíduos.

4.5. Produto Educacional

Sendo uma das características do mestrado profissional a de propor um produto final que possa ser consultado, adaptado e aprimorado e até mesmo servir de objeto de pesquisa foi proposto ao final desta pesquisa no Apêndice E uma roteiro didático contendo dicas e sugestões de atividades com o seguinte título: O uso das atividades cotidianas para compreender a Ciência Física.

No referido roteiro a temática trabalhada foi às ideias fundamentais sobre a Cinemática, porém poderá ser usado e/ou adaptado para abordar outras temáticas. São atividades simples desenvolvidas numa aula de Educação Física e que pode ser trabalhada em qualquer escola.

A escolha do roteiro didático é justamente pela sua flexibilidade em executá-lo e possibilitar adequações e adaptações para buscar o melhor resultado que é modelar as ideias cotidianas a respeito de fenômenos físicos de maneira que o aluno tenha um conceito com caráter mais científico de tal fenômeno.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao estudar a teoria dos modelos mentais concatenando-as com outras que discutem ensino/aprendizagem pensando, primeiramente como professor, vê-se que é preciso cada vez mais buscar uma maneira de perceber o retorno daquilo que se acredita ser trabalhado em sala de aula e o que verdadeiramente é entendido pelos alunos. Não de maneira integral, mas pensado, minimamente, na forma de expor os saberes profissionais. A teoria mostra possíveis erros na interpretação dos alunos para palavras simples da ciência física, e esta deve ser inserida no contexto do aluno. Sabe-se que não é uma característica própria da ciência, somente, mas que pode influenciar em sua compreensão como visto e continuar a distanciar os alunos, uma vez que muitas vezes o significado físico de uma palavra difere do seu significado no senso comum.

A exposição dos modelos dos alunos destaca o reducionismo característico da Teoria Física que, por vezes, provoca certo distanciamento nos alunos à custa das representações que os livros trazem de um sistema físico em detrimento aos modelos mentais dos professores (quando os têm bem definidos). Se o aluno possui modelo prévio de um sistema físico representado na linguagem cotidiana (comum, a falada que possuem características locais) a representação científica destes modelos causarão em suma, elementos para uma interpretação diferente, distante da compreensão deste e propensa a simples memorização. E as pesquisas citadas acima, por vezes mostram que a memorização, embora deva ser necessária em alguns momentos, não constrói uma aprendizagem significativa.

Até agora descrevemos um cenário não tão motivador para o aluno, por isso, a proposta para reformulação dos modelos deveria ser usada situações conhecidas dos alunos. A investigação do seu próprio cotidiano provocou uma motivação interessante e que tal motivação pode ter sido responsável pelo aumento de acerto nas respostas, uma vez que foi percebido na maioria dos alunos um aumento gradual no entendimento do assunto proposto. Destaca-se que não se trata do professor possuir para cada assunto uma aula ideal e única, mas sim a possibilidade de explorar o conhecimento através de situações próprias e entendidas por seus alunos.

Então se até agora ainda não ficou claro como os modelos mentais subsidiou esta evolução vamos tratar agora.

A construção de um modelo mental é por função intrínseca de funcionalidade para o construtor. De maneira geral vimos nesta pesquisa e na do tópico anterior sobre essa temática que estes sofrem uma grande influência do meio ao qual está inserido o indivíduo. Assim foi com a teoria dos modelos mentais que se conseguiu identificar a intensidade de elementos como presenciar um fato, experiência pessoal, observação de um fenômeno, ou seja, a ótica de comportamento de acontecimentos causais está presentes nos modelos dos alunos e são tomados como uma verdade.

Dessa forma estes modelos prévios iniciais caracterizam-se por núcleos comuns de conhecimentos, mesmo para indivíduos com ou sem afinidade ao tema. E é a partir deste ponto que a teoria se destaca como elemento essencial na compreensão e construção de conceitos. Primeiro que deve ser funcional, logo a memorização já não satisfaz por completo; deve fazer parte do cotidiano do aluno, não por regra, mas como fator de facilitação para atender a questão da funcionalidade; e, por fim, o enquadramento científico busca ser generalizado, ou seja, é aplicável a todas as situações, porém com razoáveis considerações. Estes pontos não são únicos, mas destacados na pesquisa.

Por isso é essencial uma vez que faz o que ensina compreender o que vai ensinar, ou seja, o modelo mental deve ser primeiramente funcional para ele próprio, pois do contrário ensinará e avaliará apenas a memorização de dados. E, principalmente ter um modelo daquilo que vai ensinar é fazer surgir modelos conceituais trazidos por Norman.

Lógico que não ensinará modelos mentais, mas perceber as variações que as palavras podem causar em núcleos comuns é, a nosso ver, destacável, por isso a consciência desta variação deve fazer parte do ato de ensinar. As representações matemáticas dizem muito sobre um quadro de estado de coisa do mundo. O sistema físico como a equação $x(t) = 1 + 4t - 0,1 t^2$ é “vivo” de informações e expressa que as definições da ciência física são por vezes genéricas como já dito antes e disso infere-se a necessidade de adaptar esta teoria ao cotidiano do aluno.

Como proposta, a partir do estudo realizado chama-se a atenção para uma reflexão por parte dos professores para que aprimorem seus modelos conceituais de seus próprios modelos mentais, agora apurados, e usem para motivar seus alunos com problemas cotidianos, experimentos e análises de textos na sala de aula. A amostra é conhecida, os equívocos evidenciados bastando fazer os alunos refletirem/atuarem sobre eles. Procure mudar a “verdade absoluta” que o aluno construiu.

Para mudar são necessários elementos que motivem o aluno, pois o desconforto da contradição não é tido por todos como motivador, mas vivenciar no cotidiano, numa atividade corriqueira aquilo que se vê na sala de aula, isso sim, motiva bastante. E esse foi um ponto negativo da pesquisa o de não poder ter tido a oportunidade de fazer o levantamento de dados sobre a satisfação dos alunos ao executar a atividade. Apenas, percebi a satisfação e o empenho de alunos e professores envolvidos.

Na segunda hipótese, como pesquisador, entende-se que uma mudança conceitual é necessária diante daquilo que os alunos aprendem nas aulas de Ciência Física, visto que a grande maioria procura apenas criar dados, memorizar aquilo que é estudado e que os docentes devem ter atenção para o que será avaliado, pois poderá influenciar de maneira a reduzir cada vez mais a busca pela formação de conceitos.

Não obstante, a educação científica sugere que o cidadão aproprie-se do conhecimento científico, ou seja, consiga identificar, relacionar cada parâmetro envolvido num determinado fenômeno caracterizando-o e, também com isso, a essência da Ciência Física. Fato este não observado nas exposições dos modelos iniciais: seja pela falta de motivação ou do que observar naquilo que se propõe a analisar. Por isso, buscou-se construir esse elo durante a pesquisa. Aponta-se este detalhe como elemento diferenciador ao usar os modelos mentais para interpretar as concepções prévias.

Julgou-se como principal dificuldade na aplicação da metodologia o fato de não ser o pesquisador o professor da turma, pois facilita a aplicação desta metodologia quando se conhece a turma, visto que o êxito depende do envolvimento

do conhecimento científico a prática cotidiana e quanto mais próxima da turma maior a probabilidade de adaptar a atividade a realidade daqueles.

Contudo, não é tarefa fácil, nem tampouco um remédio absoluto para o ensino de Física, mas apresentamos a teoria como elemento interessante para a desmitificação desta que é a conhecida disciplina que provoca pouco interesse nos alunos. Por isso, esta pesquisa apontou para o cotidiano do aluno como campo a ser explorado que facilitou a instrução e sua inter-relação, entretanto é um universo amplo de pesquisa que se apresenta como um *iceberg* e nos desafia a investigá-lo com benefício para o pesquisador, pesquisado e terceiros. Por fim, ao que parece, a questão problema inicial desse trabalho foi respondida e com isso percebeu-se as contribuições significativas ao ensino de Física relativo ao estudo do movimento, a priori, que a teoria dos modelos mentais apresentou. E tal percepção nos leva a pensar em projetos futuros.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, Mortimer Jerome. ARISTÓTELES PARA TODOS: UMA INTRODUÇÃO SIMPLES A UM PENSAMENTO COMPLEXO. Publicado originalmente nos Estados Unidos, em 1978. Edição traduzida da edição de 1997. Editora É Realizações. Reimpresso no Brasil, 2014.

ARRUDA, Sergio de Mello; VILLANI, Alberto. Mudança Conceitual no Ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.11, n2: p.88-99, ago.1994. Disponível em: <file:///C:/Users/pc/Downloads/Dialnet-MudancaConceitualNoEnsinoDeCiencias-5165586.pdf>.

BORGES, A. Tarciso. Como evoluem os modelos mentais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 1, n. 1, p. 66-92, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília, 1999.

DUHEM, Pierre Maurice Marie. A teoria física: seu objeto e sua estrutura. Tradução de Rogério Soares Costa. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2014. 318p.

FLORES, Cláudia Regina (Org.); CASSIANI, Suzani (Org.). Vários autores. Tendências Contemporâneas nas Pesquisas em Educação Matemática e Científica: sobre linguagens e práticas culturais. Campinas – SP: Mercado de Letras, 2013.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física 1: Mecânica**. 2 ed. São Paulo: Ática, 2014.

GENTNER, Dedre; GENTNER, Donald R. **Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity**. BOLT BERANEK AND NEWMAN INC CAMBRIDGE MA, 1983.

GENTNER, Dedre; STEVENS, A. L. **Mental Models**. Lawrence Erlbaum associates. Hillsdale, New Jersey, 1983.

GRECA, Ileana Maria; MOREIRA, Marco Antonio. **ALÉM DA DETECÇÃO DE MODELOS MENTAIS DOS ESTUDANTES UMA PROPOSTA REPRESENTACIONAL INTEGRADORA** (Beyond the detection of students' mental models. An integrative representational approach). *Investigações em Ensino de Ciências – V7(1)*, pp. 31-53, 2002.

_____ The kinds of mental representations--models, propositions and images--used by college physics students regarding the concept of field. **International Journal of Science Education**, v. 19, n. 6, p. 711-724, 1997.

_____ Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y físicos profesionales. **Investigações em ensino de ciências**, v. 1, n. 1, p. 95-108, 1996.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 9ª ed, v. 1, Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2012.

HARRISON, Allan G.; TREAGUST, David F. Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. **Science education**, v. 80, n. 5, p. 509-534, 1996.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 11.ed. Porto Alegre: Bookmam, 2011.

JOHNSON-LAIRD, Philip N. Mental models and cognitive change. **Journal of Cognitive Psychology**. v. 25, p. 44, mar/abr. 2013.

_____ **Mental models and human reasoning**. Departamento of Psychology, Princeton University. Vol.107. p.8, set. 2010.

_____ **Reasoning with mental models**. International Encyclopedia of the social & Behavioral sciences. 2004a. Disponível em <http://mentalmodels.princeton.edu/publications/>. acesso em abril/2015.

_____ **The history of mental models**: cap 8. Cambridge, MA: Harvard University. Republicado em 2004b. Disponível em <http://mentalmodels.princeton.edu/publications/>. acesso em abril/2015.

_____ **Mental Models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness**. Cambridge, MA: Harvard University 1983. Disponível em <http://mentalmodels.princeton.edu/publications/>. acesso em abril/2015.

KELLER, Frederick J; GETTYS, W. Edward; SKOVE, Malcolm J. **Física, volume 1**. Tradução Alfredo Alves de Farias; revisão técnica Geraldo Alexandre Barbosa. São Paulo: Makron Books, 1997.

KLEMLANI, Sangeet S.; BARBEY, Aron K.; JOHNSON-LAIRD, PHILIP N. **Causal reasoning with mental models**. 2014. Disponível em <http://mentalmodels.princeton.edu/publications/>. acesso em Nov/2015.

KUHN, Thomas, S. **The structure of scientific revolutions**. Chicago: The University of Chicago Press, 1970. Disponível em: http://projektintegracija.pravo.hr/download/repositor/Kuhn_Structure_of_Scientific_Revolutions.pdf

LABURU, Carlos Eduardo; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Noções de Aceleração em Adolescentes: uma classificação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol. 15, nº (1-4), 1993. Disponível em: <http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol15a09.pdf>.

LAHERA, Jesús; FORTEZA, Ana. Ciências Físicas nos Ensinos Fundamental e Médio: modelos e exemplos; trad. Antonio Feltrin. Porto Alegre: Artmed, 2006.

LOPES, Ideusa Celestino. Giordano Bruno: Entre o Geocentrismo e o Heliocentrismo. **Griot – Revista de Filosofia**, v. 9, n.1, jun/2014. Disponível em <http://www2.ufrb.edu.br/griot/images/vol9-n1/>. Acesso em nov/2015.

MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

MOREIRA, Marco Antônio. **Modelos Mentais**. In: Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciências - Linguagem, Cultura e Cognição, Reflexões para o ensino de Ciências, Faculdade de Educação da UFMG, de 05 a 07 de março de 1997.

MOREIRA, Marco Antonio; KREY, Isabel. Students' difficulties in the learning of Gauss' Law at introductory college level in the light of Johnson-Laird's mental models theory. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 353-360, 2006.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 296 p.

PIAGET, Jean. **Psicologia da inteligência**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

PINTÓ, Roser; ALIBERAS I MAYMÍ, Joan; GÓMEZ CARRILLO, R. Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 221-232, 1996.

PIRES, Antônio Sergio Teixeira. **Evolução das ideias da física**. 2 ed – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

ROCHA, Arquiteclino Gonçalves. **Modelos Mentais e o Ensino de Física**. 2013. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2014.

REZENDE, Flávia; OSTERMANN, Fernanda; FERRAZ, Gleice. Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n.1, p. 1402-8, mar/abr. 2009.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Universo da Física 1: Mecânica**. 2.ed. São Paulo: Atual, 2005.

SMITH, Wolfgang. **O Enigma Quântico: Desvendando a Chave Oculta**. Tradução de Raphael de Paola – Campinas, SP: Vide Editorial, 2011.

VIENNOT, L. Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. **Eur. J. Sci. Ed.**, 1(2):205-222, 1979.

VOSNIADOU, Stella. Capturing and modeling the process of conceptual change. **Learning and instruction**, v. 4, n. 1, p. 45-69, 1994.

7. APÊNDICES

Apêndice A – Questionário de sondagem prévia sobre velocidade e aceleração aplicado aos colegas do mestrado.

Pergunta A: Qual a ideia que você possui a respeito do conceito de velocidade?

Pergunta B: Que pensamento lhe vem à cabeça quando escuta falar sobre aceleração?

Pergunta C: O que você entende por velocidade constante?

Pergunta D: Na sua concepção, como você julga a afirmação: velocidade constante aceleração nula?

Pergunta E: Se a velocidade aumenta continuamente o que acontece com a aceleração, aumenta? Diminui? Ou permanece constante?

Apêndice B – Questionário verificador de predicado (CORPO) acerca da influência nos resultados aplicado para uma turma de primeiro ano vespertino em outra escola.

A1 – Para você o que é um movimento de um corpo?

A2 – Você consegue ilustrar através de um desenho ou gráfico o movimento de um corpo? Procure justificar sua resposta.

A3 – Fazendo uso das observações do mundo a sua volta, descreva algumas situações em que você aplicaria a um corpo a definição de movimento!

A4 – O que causa o movimento de um corpo?

A5 – O que você faz para colocar um corpo em movimento?

A6 – Como você faria para interromper o movimento de um corpo?

Apêndice C – Questionário de sondagem sobre as concepções dos alunos, adaptado de LAHERA e FORTEZA (2006), aplicado aos alunos investigados.

1. Explique a sua maneira o que significam as palavras *rapidez* e *lentidão*:

RAPIDEZ:

LENTIDÃO:

2. Na lista seguinte de seres em movimento, marque com **X os lentos** e com **XX os rápidos**:

CACHORRO CORRENDO

A LUA

VOCÊ CORRENDO

CARACOL ANDANDO

BOLA DE PINGUE – PONGUE

HOMEM CAINDO

MOSCA VOANDO

Comentários:

3. Supondo que você tenha que decidir quais de seus dois amigos, Lucas e João, correm mais. Que prova você faria para saber se Lucas corre mais que João?

RESPOSTA:

4. *Velocidade*. O que significa esta palavra?

RESPOSTA:

5. Indique situações da vida real em que você usa a palavra *velocidade*.

SITUAÇÃO 1:

SITUAÇÃO 2:

SITUAÇÃO 3:

6. Aceleração. O que significa esta palavra?

RESPOSTA:

7. Indique situações da vida real em que você usa a palavra aceleração.

SITUAÇÃO 1:

SITUAÇÃO 2:

SITUAÇÃO 3:

Apêndice D – Questionário das atividades desenvolvidas na aula prática de Educação Física.

Q1. Caminhada 1 (dupla A1/A2) – Os alunos (dupla) caminharam lado a lado e para cada 5 m foi marcado o tempo que levaram para percorrerem esses espaços.

| | | | | | | |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| L1 | 3,28 s | 3,62 s | 3,80 s | 3,86 s | 3,72 s | 3,73 s |
| L2 | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m |
| L3 | Trecho 1 | Trecho 2 | Trecho 3 | Trecho 4 | Trecho 5 | Trecho 6 |

a) Quais das linhas estão descritas as grandezas tempo e espaço?

L1:

L2:

b) Como você faria para definir se os alunos (A1 e A2) estão em movimento ou repouso?

Movimento:

Repouso:

c) Diga em que trecho a dupla foi mais rápida?

R:

Explique:

d) Escreva uma maneira para calcular:

Rapidez:

Velocidade:

e) Explique a sua maneira o(s) motivo(s) para os tempos serem diferentes para um mesmo espaço/trecho?

R:

Comentários gerais:

Q2. Caminhada 2 (dupla B1/B2)

| | | | | | | |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| L1 | 3,10 s | 3,20 s | 3,75 s | 3,01 s | 3,85 s | 3,73 s |
| L2 | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m |
| L3 | Trecho 1 | Trecho 2 | Trecho 3 | Trecho 4 | Trecho 5 | Trecho 6 |

a) Encontre a velocidade para cada trecho:

Trecho 1:

Trecho 2:

Trecho 3:

Trecho 4:

Trecho 5:

Trecho 6:

b) Qual o tempo total?

R:

c) Qual a velocidade em todo o percurso?

R:

d) A velocidade em todo o percurso é diferente da velocidade em cada trecho?

R:

Explique:

Comentários gerais:

Q3. Corrida de explosão no mesmo sentido. (Dupla A1/A2)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 | E1 | E2 | F1 | F2 | G1 | G2 | H1 | H2 |
| 7,00 s | 7,18 s | 4,64 s | 4,63 s | 5,58 s | 5,61 s | 5,68 s | 5,65 s | 8,61 s | 8,64 s | 6,22 s | 6,25 s | 6,09 s | 6,12 s | 6,36 s | 6,36 s |
| 30 metros | | | | | | | | | | | | | | | |

a) A partir da tabela acima faça uma relação crescente dos 5 (cinco) alunos mais rápidos, considerando:

Tempo:

Velocidade:

Explique sua resposta:

b) Como você explicaria o fato de alguns alunos conseguirem correr mais que outros?

R:

Q4. Corrida de explosão em sentido oposto (A1, B1, C1, D1 e E1 partindo da origem).

| Corredor | Tempo | Ponto de encontro | a) Qual a velocidade dos corredores? | | b) Qual aluno foi mais veloz | c) Qual o espaço total Percorrido pela dupla? |
|----------|--------|-------------------|--------------------------------------|---|------------------------------|---|
| | | | 1 | 2 | | |
| A1/A2 | 3,28 s | 15,96 m | | | | |
| B1/B2 | 3,00 s | 15,15 m | | | | |
| C1/C2 | 3,13 s | 15,00 m | | | | |
| D1/D2 | 3,30 s | 14,75 m | | | | |
| E1/E2 | 3,15 s | 15,21 m | | | | |

a) R:

b) R:

c) R:.....

Apêndice E – Produto Educacional: Roteiro Didático

Título: O USO DAS ATIVIDADES COTIDIANAS PARA COMPREENDER A CIÊNCIA FÍSICA.

Sinopse descritiva: Este trabalho consiste num roteiro didático contendo sugestões de atividades experimentais/teóricas com base na teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird para que o aluno relacione o conhecimento científico à prática cotidiana, com isso desenvolva conceitos sobre o Movimento: trajetória, repouso e movimento, referencial, posição, velocidade, velocidade relativa e aceleração.

Autor discente: Gilmar Torres Marques Moura

Autor docente: Marcelo Castanheira da Silva

Público a que se destina o produto: O roteiro de atividades pode ser usado por docentes de Física em turmas do 1º, 2º e 3º anos Ensino Médio ou, ainda, para o 9º ano do Ensino Fundamental na disciplina de Ciências. Além disso, pode ser trabalhada como metodologia de ensino em cursos de Licenciatura em Física.

URL do Produto: <http://www.ufac.br/mpecim/dissertacoes>.

Validação: 11/08/2017

Registro: Sim.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA NATUREZA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

TERMO DE CONSENTIMENTO

Estamos cientes que participamos de uma pesquisa para o trabalho de conclusão do curso do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática – MPECIM da Universidade Federal do Acre – UFAC do mestrando Gilmar Torres Marques Moura, cujo objetivo é analisar uma proposta metodológica voltada para o ensino de Física.

Enfatizamos que a pesquisa tem como finalidade, testar um produto metodológico educacional, e que todos que estão envolvidos neste processo são livres para decidir a sua participação em tal pesquisa e não haverá exposição pessoal de nenhum entrevistado, pois não será necessário se identificar.

Consentindo estará colaborando para que novas propostas de ensino sejam difundidas no processo de ensino aprendizagem no estudo da ciência Física.

Sena Madureira – Ac, _____ de _____ 2017.


Itávia M. da Silva
Diretora Geral do Campus Sena Madureira
Port. IFAC nº 593 de 02/05/2016

Assinatura/Escola participante.

Acesso on line: Sim.

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Mestrado Profissional. Disponível em: <<http://www.ufac.br/mpecim/dissertacoes>>.

Incorporação do produto ao sistema educacional: Não.

Alcance em processos de formação: As atividades foram trabalhadas numa classe de 39 alunos do 1º ano do curso de Informática integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre (IFAC) – Campus Sena Madureira.

Introdução

O sentido do título não é em compreender a Ciência literalmente, mas sim fazer meios para integrá-la a realidade de nossos alunos. Por isso ao buscarmos sobre uma forma diferente da tradicional, por isso, alternativa, para ensinar Física sem perder o caráter científico, tido, portanto, como a essência da Ciência Física é que se propõe um roteiro didático como produto educacional baseado na teoria dos modelos mentais como metodologia para interpretar e relacionar o conhecimento científico trazidos nos livros didáticos de Física para o cotidiano do aluno, concatenando-os.

Para tanto, após uma análise das concepções prévias dos alunos a respeito do movimento, percebeu-se uma enorme influência das experiências cotidianas nas respostas trazidas por eles. Inferiu-se com isso uma dificuldade em associar tais experiências cotidianas com os conhecimentos da ciência física trabalhados na escola. Com isso criou-se um roteiro didático que tem por objetivo identificar às experiências vividas e curiosidades dos alunos e, a partir da análise desta, buscar através de atividades e experimentos reorganizar seus modelos mentais harmonizando conhecimento científico à prática cotidiana e, com isso, permitindo o aluno a aprimorar seus conhecimentos.

Além disso, o material em caráter flexível apresentará dicas para estudar os modelos mentais dos alunos e como acessá-los quando possível. Dessa forma, entende-se que o professor, poderá, após perceber seu próprio modelo mental, desenvolver suas próprias atividades com os alunos. A consequência dessa autonomia leva o docente a refletir sobre aquilo que deve ser ensinado e, principalmente, como ensinar, acredita-se que desta forma possibilitará o aluno que tenha um desenvolvimento mais efetivo de habilidades e competências previstos na legislação para o nível de estudo.

Roteiro didático

Sondagem sobre as concepções dos alunos.

Aula 1: 50 minutos.

Objetivo: Identificar os modelos mentais dos alunos sobre a temática.

Observações: É importante deixar bem claro para os alunos que não se trata de uma avaliação, porém enfatize a necessidade e importância do questionário. A relevância das respostas para a construção das aulas é primordial, por isso é indispensável à participação e dedicação dos alunos.

A amplitude das respostas entre o que se acredita ser certo e o que a princípio não tem nada haver com a temática é muito importante, pois os modelos mais distante do que é “certo” aos olhos da ciência devem ser os mais trabalhados. E perguntas como “o que levou o aluno a pensar desta forma?” ou “que elementos o alunos está associando para chegar a esta conclusão?”.

Nesta perspectiva é essencial esclarecer termos, a priori simples, mas que podem “embaraçar a cabeça dos alunos”. Um exemplo está na resposta dada pelos alunos sobre como parar um “corpo Físico” e, independentemente da resposta, destaca-se que 70% dos alunos compreenderam o conceito de Corpo como sendo de caráter biológico, ou seja, seria um corpo que para movimentar-se, necessariamente, deveria estar vivo.

Abaixo segue um modelo de questionário que deve funcionar apenas como base e que poderá ser adaptado para a realidade de cada escola.

P1. Explique a sua maneira o que significam as palavras *rapidez* e *lentidão*:

RAPIDEZ:

LENTIDÃO:

P2. Na lista seguinte de seres em movimento, marque com **X os lentos** e com **XX os rápidos**:

| | | |
|-------------------|-------------------------|---------------|
| CACHORRO CORRENDO | A LUA | VOCÊ CORRENDO |
| CARACOL ANDANDO | BOLA DE PINGUE – PONGUE | |
| HOMEM CAINDO | MOSCA VOANDO | |

Comentários:

P3. Supondo que você tenha que decidir quais de seus dois amigos, Lucas e João, correm mais. Que prova você faria para saber se Lucas corre mais que João?

RESPOSTA:

P4. *Velocidade*. O que significa esta palavra?

RESPOSTA:

P5. Indique situações da vida real em que você usa a palavra velocidade.

SITUAÇÃO 1:.....

SITUAÇÃO 2:.....

SITUAÇÃO 3:.....

P6. *Aceleração*. O que significa esta palavra?

RESPOSTA:

P7. Indique situações da vida real em que você usa a palavra aceleração.

SITUAÇÃO 1:

SITUAÇÃO 2:.....

SITUAÇÃO 3:.....

Justificativas para o uso do questionário:

P1 – Rapidez é um conceito levantado por Galileu Galilei para definir velocidade, porém nem todos os livros didáticos esclarecem a relação entre velocidade escalar e rapidez, por exemplo. Além disso, os conceitos de rapidez e lentidão fazem parte do senso comum e estão relacionados à velocidade, entretanto lentidão não é adimensionalmente homogênea a velocidade.

P2 – O conceito de referencial ou relatividade do movimento reforça a ideia sobre rapidez e lentidão e coloca os alunos a pensar sobre o que é ser rápido ou lento. Por que algo é considerado rápido? Ou lento? Quem é o referencial? É uma forma de fazer com que os próprios alunos exponham suas dúvidas e comecem a refletir sobre o ato de construir conceitos e mude o hábito de se colocar como referencial “absoluto”. O professor deve instiga-los a refletir. Veja a situação no Gráfico 1.

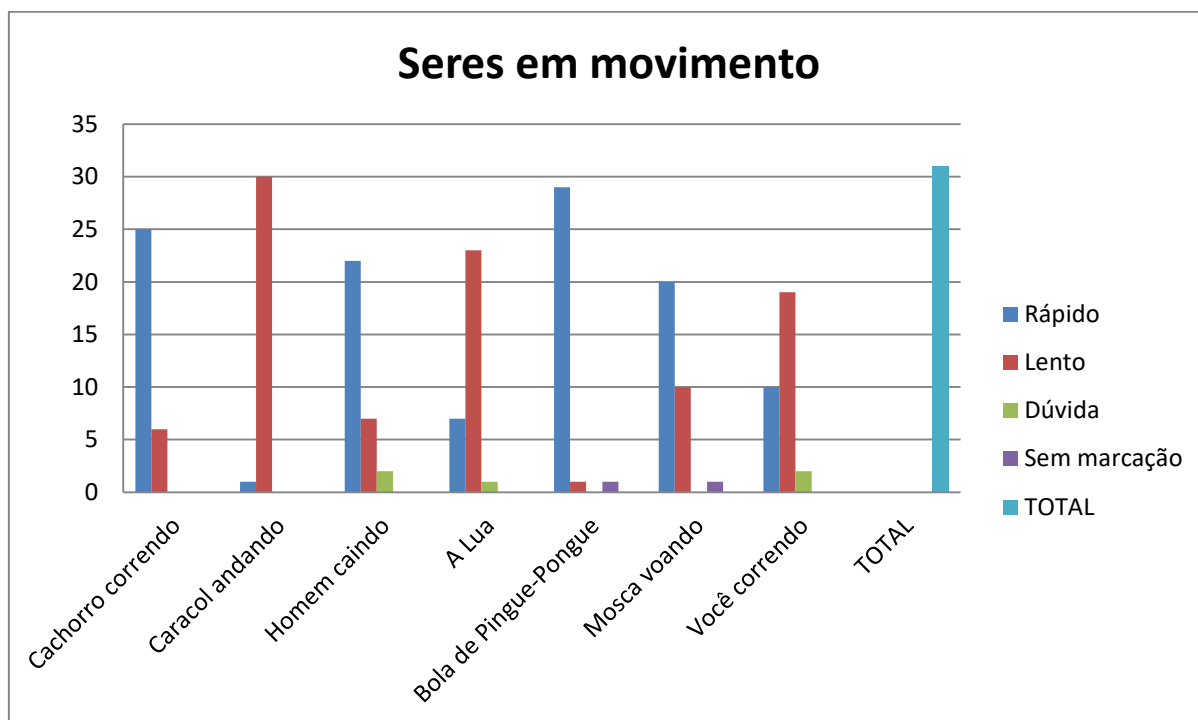


Gráfico 1 – Classificações dos seres em movimento segundo dados obtidos da questão 2.

Pelo gráfico e definindo o aluno como referencial (Você Correndo), temos os mais rápidos: o cachorro correndo, homem caindo, bola de pingue-pongue e a

mosca voando; os mais lentos: o caracol andando e a Lua, ou seja, prevalecem as observações/experiências cotidianas.

P3 – Nesta terceira pergunta busca-se soluções dos alunos para resolver o problema de “quem corre mais”, seja equações, instrumentos de medida, etc. Permite que os alunos façam uma relação do cotidiano deles com o conteúdo trabalhado.

P4 e P5 – Busca-se o significado ao mesmo tempo em que avalia o nível de entendimento quando eles colocam as situações em que vivenciam velocidade. Por ser um termo comum ao cotidiano optou-se por três situações.

P6 e P7 – idem aos itens P4 e P5. Além de comparar se os alunos conseguem diferenciar esses dois conceitos velocidade e aceleração em conceito e prática.

As questões P4 e P6 são bem diretas no entanto permite várias respostas. Após uma análise rápida daquilo que foi respondido propõe-se novas atividades.

Reorganizando os modelos mentais dos alunos.

Aula 2: 100 minutos

Apresentar o contexto histórico sobre o movimento, brevemente, enfatizando a importância de conhecer o movimento. Apresentar as respostas das questões 1 e 2 problematizando as diferentes respostas (observando a amplitude) e esclarecendo os conceitos dos parâmetros que definem e explicam a relatividade do movimento dos corpos (posição, trajetória, espaço percorrido, referencial, velocidade e aceleração). Explicar sobre o uso de instrumentos de medidas como cronômetro, fita métrica, por exemplo.

Aula 3: Aula Prática – 50 Minutos.

Montar uma atividade prática com o objetivo de utilizar os instrumentos de medidas (cronômetro, fita métrica e etc.) para construir o modelo para estudo,

conforme a Figura 1. O ideal que ocorra em uma aula de Educação Física sob a supervisão e colaboração do professor da disciplina.

Materiais necessários: Cronômetros; fita métrica; fita adesiva para marcação; apito; quadra ou espaço que permita montar os esquemas; cartolina ou outro material com as mesmas dimensões para montar a escala do esquema 2, ver figura 2, uma vez que trará o marco zero no meio da quadra e valores positivos e negativos.

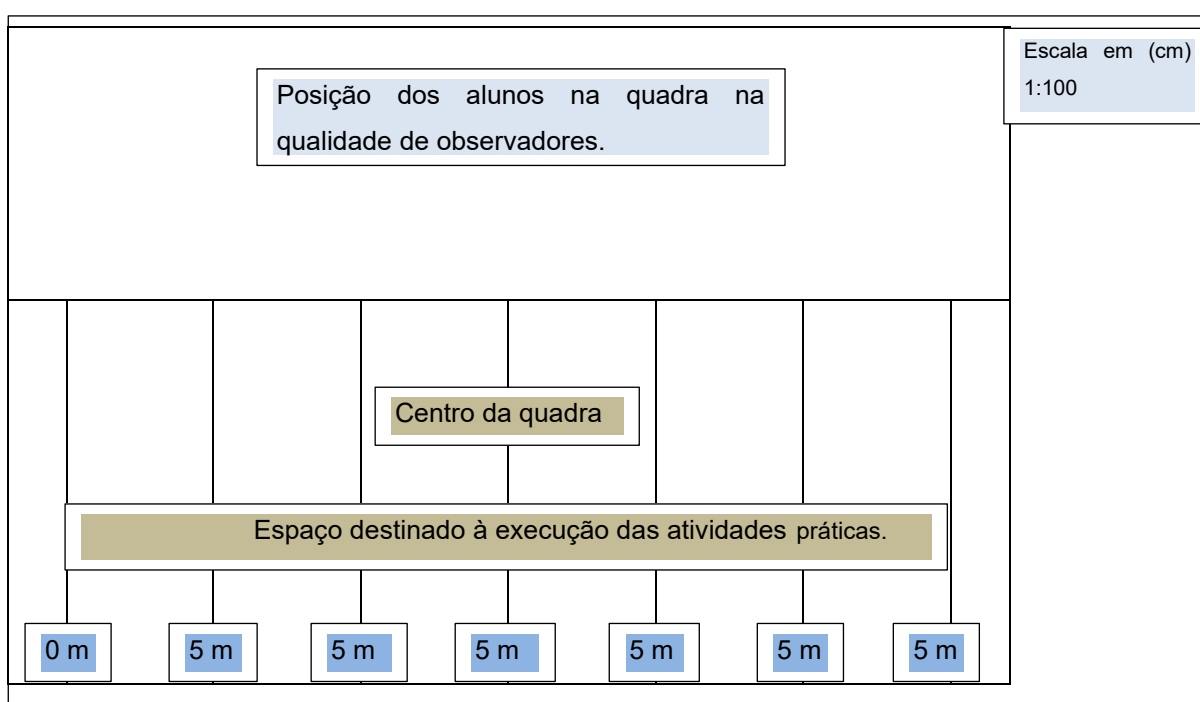


Figura 1 - Esquema 1: Esboço do circuito desenhado na quadra poliesportiva.

Procedimento:

Os alunos devem utilizar a fita métrica para realizar as medições de 0 a 5 metros e marca-lo com a fita adesiva, em seguida repete-se o procedimento anterior de modo a atingir uma distância entre 25 a 30 metros. Sugere-se que a cada 5 metros haja uma marcação com fita adesiva. O professor pode adotar outras marcações conforme julgar necessário, por exemplo, adotar o centro da quadra como marco zero, observe a figura 2.

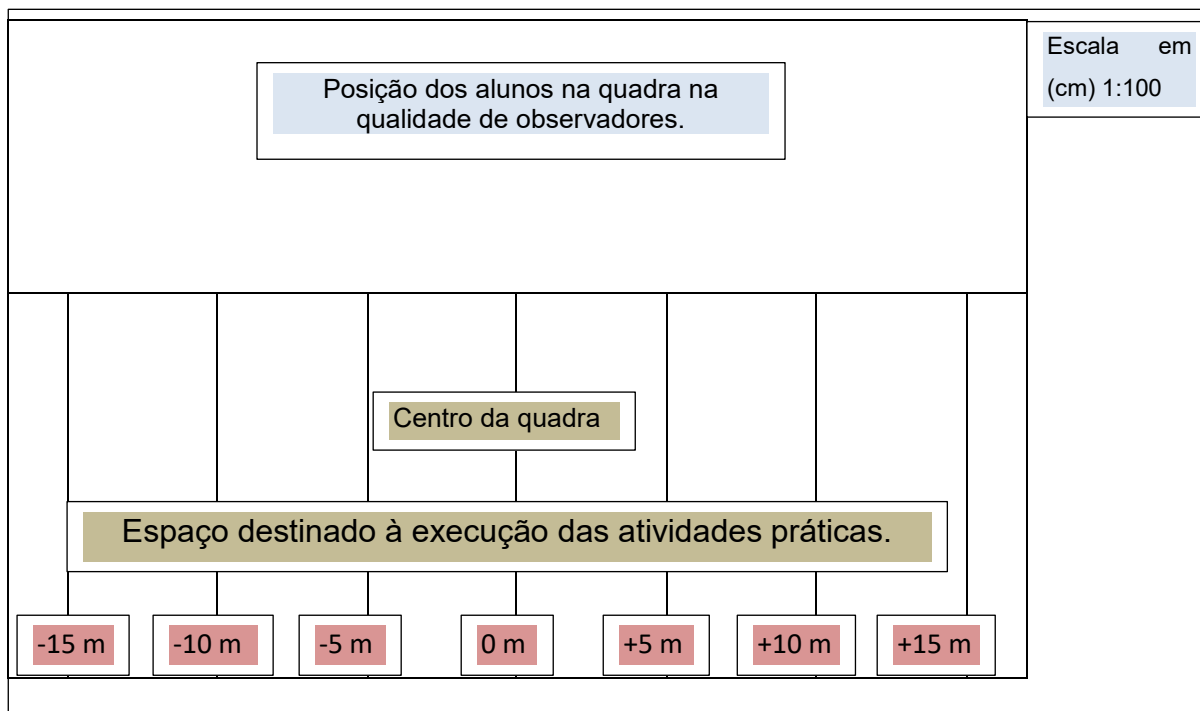


Figura 2 – Esquema 2: Esboço alternativo para o circuito na quadra poliesportiva.

Algumas sugestões para executar como prática experimental:

1. Uma dupla pode deslocar-se andando no mesmo sentido.
2. Uma dupla pode realizar a corrida de explosão no mesmo sentido ou em sentido oposto. É aconselhável que se faça as duas formas.
3. Pode-se marcar cada intervalo de tempo percorrido para cada trecho de 5 metros para os casos anteriores.
4. Várias outras atividades podem ser desenvolvidas como, por exemplo, o estudo de trajetórias, deslocamentos, distâncias relacionados à posição.

Alguns pontos para discutir nas práticas experimentais:

- I. Na sugestão 1, pode-se discutir o conceito de referencial, repouso e movimento, velocidade constante e as dificuldades de obter-se medidas exatas nos instrumentos de medidas usados, margem de erros ou algarismos significativos.
- II. Na sugestão 2, verificar o conceito de velocidade, velocidade relativa e aceleração, espaço percorrido e tempo. Na corrida em sentido oposto como saber que foi o mais rápido? Pode sugerir que os alunos criem um método para explicar.

III. Na sugestão 3, aprofundar os conceitos e realizar muitas medições para coleta de dados e trabalhá-los em sala de aula. Discutir sobre margem de erros e média aritmética.

Modelo de aplicação da prática experimental

Aula 4: 100 minutos

Q1. Caminhada 1 (dupla A1/A2) – Os alunos (dupla) caminharam lado a lado e para cada 5 m foi marcado o tempo que levaram para percorrerem esses espaços.

Tabela 1 – Medidas realizadas durante a caminhada 1 (dupla A1/A2) – questão 1 (Q1). **Observação:** Os valores de intervalos de tempo (L1) são apenas um exemplo e devem ser alterados de acordo com os dados obtidos com os alunos de sua turma.

| | | | | | | |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| L1 | 3,28 s | 3,62 s | 3,80 s | 3,86 s | 3,72 s | 3,73 s |
| L2 | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m |
| L3 | Trecho 1 | Trecho 2 | Trecho 3 | Trecho 4 | Trecho 5 | Trecho 6 |

a) Quais das linhas estão descritas as grandezas tempo e espaço?

L1:

L2:

Observações: permitirá que o aluno identifique as principais grandezas envolvidas dentro da prática experimental que o aluno participou. A apresentação dos dados em tabela é para a familiarização desta com os alunos, sendo assim, pode fazer o uso de gráfico. Além de outras abordagens a critério do professor.

b) Como você faria para definir se os alunos (A1 e A2) estão em movimento ou repouso?

Movimento:

Repouso:

Observações: permitirá que o aluno comece a definir um referencial que não seja ele.

c) Diga em que trecho a dupla foi mais rápida?

R:

Explique:

d) Escreva uma maneira para calcular:

Rapidez:

Velocidade:

e) Explique a sua maneira o(s) motivo(s) para os tempos serem diferentes para um mesmo espaço/trecho?

R:

Observações: as perguntas das letras (c), (d) e (e) fazem considerações sobre o comportamento das grandezas velocidade e tempo, uma vez que o espaço é o mesmo para cada trecho. Então quem é o responsável para que tenhamos um tempo diferente para um mesmo trecho de 5 metros? Permite trabalhar sobre o uso dos instrumentos de medida, no caso o cronômetro.

Comentários gerais:

Observações: usado para que o aluno apresente suas dúvidas e/ou curiosidades sobre a temática ou algo relacionado.

Q2. Caminhada 2 (dupla B1/B2)

Tabela 2 – Medidas realizadas durante a caminhada 2 (dupla B1/B2) – questão 2 (Q2). Observação:

Os valores de intervalos de tempo (L1) são apenas um exemplo e devem ser alterados de acordo com os dados obtidos com os alunos de sua turma.

| | | | | | | |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| L1 | 3,10 s | 3,20 s | 3,75 s | 3,01 s | 3,85 s | 3,73 s |
| L2 | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m | 5,00 m |
| L3 | Trecho 1 | Trecho 2 | Trecho 3 | Trecho 4 | Trecho 5 | Trecho 6 |

a) Encontre a velocidade para cada trecho:

Trecho 1:

Trecho 2:

Trecho 3:

Trecho 4:

Trecho 5:

Trecho 6:

b) Qual o tempo total?

R:

c) Qual a velocidade em todo o percurso?

R:

d) A velocidade em todo o percurso é diferente da velocidade em cada trecho?

R:

Explique:

Observações: possibilita que o aluno apresente o conteúdo estudado na linguagem matemática complementando as anteriores.

Comentários gerais:

Q3. Corrida de explosão no mesmo sentido. A1 e A2 compõe uma dupla de alunos, B1 e B2 outra...

Tabela 3 – Medidas feitas durante a corrida de explosão no mesmo sentido das duplas – questão 3

(Q3). **Observação:** Os valores de intervalos de tempo são apenas um exemplo e devem ser alterados de acordo com os dados obtidos com os alunos de sua turma.

| A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 | D1 | D2 | E1 | E2 | F1 | F2 | G1 | G2 | H1 | H2 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 7,00 s | 7,18 s | 4,64 s | 4,63 s | 5,58 s | 5,61 s | 5,68 s | 5,65 s | 8,61 s | 8,64 s | 6,22 s | 6,25 s | 6,09 s | 6,12 s | 6,36 s | 6,36 s |
| 30 metros | | | | | | | | | | | | | | | |

a) A partir da tabela acima faça uma relação dos 5 (cinco) alunos mais rápidos, considerando:

Tempo:

Velocidade:

Explique sua resposta:

Observações: fazer com que os alunos identifiquem qualitativamente a relação entre velocidade e tempo.

b) Como você explicaria o fato de alguns alunos conseguirem correr mais que outros?

R:

Q4. Corrida de explosão em sentido oposto (A1, B1, C1, D1 e E1 partindo da origem, 0 m).

Tabela 4 – Medidas realizadas na corrida de explosão em sentido oposto (A1, B1, C1, D1 e E1 partindo da origem) – questão 4 (Q4). **Observação:** Os valores do tempo e do ponto de encontro são apenas exemplos e devem ser alterados de acordo com os dados obtidos com os alunos de sua turma.

| Corredor | Tempo | Ponto de encontro | a) Qual a velocidade dos corredores? | | b) Qual aluno foi mais veloz | c) Qual o espaço total Percorrido pela dupla? |
|----------|--------|-------------------|--------------------------------------|---|------------------------------|---|
| | | | 1 | 2 | | |
| A1/A2 | 3,28 s | 15,96 m | | | | |
| B1/B2 | 3,00 s | 15,15 m | | | | |
| C1/C2 | 3,13 s | 15,00 m | | | | |
| D1/D2 | 3,30 s | 14,75 m | | | | |
| E1/E2 | 3,15 s | 15,21 m | | | | |

a) R:

.....

b) R:

.....

c) R:.....

Observações: o objetivo é fazer com que o aluno reconstrua mentalmente o esquema 1, mostrado na figura 1. Defina uma a origem e relacione o fato vivenciado por ele na atividade prática com os conhecimentos de velocidade relativa, por exemplo.

Avaliação de conceitos

Aula 5: duração 100 minutos

Constitui-se como uma espécie de avaliação e pode ser feita em duas etapas: a primeira é saber dos alunos qual dentre as diversas atividades do cotidiano fora do ambiente escola eles mais gostam de fazer.

Serão várias atividades, no entanto estruture em um único grupo os alunos que possuem afinidade nas atividades cotidianas apresentadas. Depois os faça descrever como relacionariam o conteúdo de física estudado com a atividade predileta deles. A ideia é justamente fazer com que eles percebam a relação entre aquilo que eles estudam e as atividades do cotidiano deles.

Por exemplo: em Moura (2017), foi levantado quatro classes de atividades cotidianas que eles gostam de fazer em comum: *ouvir músicas*: 4 alunos, *jogar games*: 3 alunos, *conversar em redes sociais*: 2 e *comer*: 1. Os estudantes tiveram que optar por uma atividade apenas, pois a maioria identifica-se com mais de uma.

Para formalizar o modelo de como a ideia de movimento está presente nesta atividade formamos grupos dos alunos que tem *hobbies* em comuns. E para descrevê-los diferenciamos apenas por E1 – Jogar Games, E2 – Comer, E3 – Conversar em redes sociais e E4 – ouvir música.

E1 – Gosta de jogar *games* de corrida de carros. Criou o modelo de velocidade constante sem aceleração como aquela quando o carro não aumenta a velocidade por falta de marcha. “Se eu não passar a marcha à velocidade não aumenta”. O caso em que ocorrer a passagem de marcha existe aceleração.

E2 – Gosta de fazer e comer doces/brigadeiros: “eu coloco alguns brigadeiros em cima da mesa, uns cinco, com a mesma distância uns do outro e marco o tempo em que vou comer um a um” (“rsrsr”). “Depois vou colocar um mais distante que o outro e tento comer no mesmo tempo em que comi os cinco primeiros”.

Na primeira situação (caso E2) deveria apenas caminhar até o próximo brigadeiro no segundo caso teria que correr cada vez mais rápido para chegar ao próximo brigadeiro.

E3 – Conversar em redes sociais: “acho que a forma com que eu digito lento ou rápido”

E4 – Gostam de ouvir música: a velocidade usada para baixar as músicas às vezes está rápida, às vezes lenta, sempre rápida ou lenta os “kbps”, a velocidade varia. Seria isso?”“.

É interessante fazer uma comparação da temática trabalhada com os alunos com as alternativas da Ciência Física. Para isso a comparação foi feita em dois casos.

Caso 1 – Trazer um quadro comparativo entre as respostas dos alunos e as alternativas da ciência, por exemplo.

Caso 1 – Sugestões:

Tabela 5 – Alguns exemplos entre as respostas dos alunos e as alternativas da ciência.

| Respostas dos alunos | Alternativas da Ciência Física |
|--|--|
| Rapidez: “Uma coisa rápida, que tenha velocidade”. | _____ : distância percorrida por unidade de tempo. |
| Lentidão: “Uma coisa lenta que não possui velocidade”. | _____ : relação de espaço/tempo. |
| Lua: “a Lua é bem lenta para saí a noite” | _____ : a Lua em relação a nós completa uma volta a cada 27 dias e está acerca de 300.000 Km. Sua velocidade pode ser calculada por $V = 2\pi R/T$. |
| Velocidade: “o movimento, a rapidez que vai aumentando, conforme o tempo vai passando, ou diminuindo”. | _____ : é quando conhecemos a rapidez e a orientação de um objeto. |

Caso 2 – Após faz-se uma relação entre a referência da construção científica que eles têm em mãos, o livro didático.

Caso 2 – Sugestões:

Use questões, textos ou adapte questões de livros didáticos que esteja próximo das atividades trabalhadas anteriormente. Exemplo: usamos a tabela do livro didático (Gaspar, 2014, p. 63) que relacionava tempo e espaço para um percurso de 100 metros. Na ocasião os dados é do corredor *Usain Bolt* na prova masculina dos 4 x 100 m, durante os Jogos Olímpicos de Londres, em 11 de Agosto de 2012. Pedimos que os alunos respondessem as questões um e dois da atividade teórica adaptando-as caso fosse necessário.

Tabela 6 – Dados do corredor *Usain Bolt* na prova masculina dos 4 x 100 m nos Jogos Olímpicos de Londres de 2012.

| | | | | | | | | | | | |
|------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| X(m) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| t(s) | 0 | 1,85 | 2,87 | 3,78 | 4,65 | 5,50 | 6,32 | 7,14 | 7,96 | 8,79 | 9,69 |

Fonte: THE SCIENCE OF SPORT. Disponível em: <www.sportsscientists.com/2008/08/beijing-2008-men-100m-race-analysis.html>. Acesso em: out/2016.

Para desenvolver a atividade pode ser individual ou em grupo, observando que o objetivo é fazer os alunos aplicar conceitos próprios sobre os objetos físicos em questão.

Com esse roteiro de atividades observou-se um aumento no grau de acerto resposta da questão dois (Q2) chegando a 53% de acerto, lembrando que apenas 10% dos alunos haviam acertado toda a questão anteriormente, além disso, e, mais importante, foi receber os elogios dos professores de Educação Física e da Disciplina de Física, pois perceberam uma motivação maior dos alunos com a disciplina de física. A professora de educação achou muito interessante a atividade e se dispôs a colaborar quando necessário.

A teoria dos modelos mentais preconiza uma percepção para resolução de significativos problemas, caso o indivíduo venha reestruturar um modelo mental a contento daquilo que se observou do novo. Nesta perspectiva não reproduzimos

meramente o problema, observa-se isso na comparação entre as duas tabelas, entretanto o resultado se fez satisfatório à medida que definimos a partir da sondagem prévia como deveria ser trabalhado o conteúdo. Os modelos surgem mais alicerçados a partir das experiências cotidianas como observado e dificilmente mudaríamos se deixássemos de abordá-lo. Outrossim, nem sempre atingirá uma efetividade máxima, porém poderá servir sempre como novas experiências em sala de aula para o aluno e, por consequência fazendo com que o professor continuamente reflita sobre a prática de ensinar.

Resultado = proposta dos alunos.

Nesta pesquisa ainda conseguimos diminuir a aceitação que os alunos têm a respeito da verdade absoluta da ciência, uma vez que eles foram autores/construtores de um modelo próprio, deles, de estudo da Ciência Física.

A construção foi uma proposta de um dos grupos e orientada pelo professor da turma. A proposta foi utilizar a própria atividade prática dentro de um livro didático para trabalhar, por exemplo, o conceito de velocidade constante: *“admitimos que para cada trecho o nosso tempo fosse o mesmo, então, fez-se uma média aritmética do tempo e adotamos como variação constante, desse jeito, construiu nosso próprio modelo. Por fim desprezamos a resistência do ar sofrido pelos “nossos” objetos físicos e descobrimos que para cada trecho tínhamos a mesma velocidade e que esta era igual para todo o circuito”*. Para complemento se nossa velocidade é “V”, cada trecho de posição é “X” e cada intervalo de tempo de “t” representamos matematicamente o sistema físico por $X(t) = X_0 + Vt$. A representação foi necessária para mostrar que a Matemática é uma ferramenta fundamental na Ciência Física.

Contudo, acredita-se que os modelos dos alunos são apresentados de forma geral como na figura 3 e percebemos que não em sua totalidade, mas os elementos presentes na construção dos modelos (experiências, conhecimento científico, etc.) não possuem uma aplicação prática, por não possuir uma interação funcional. E após a aplicação deste roteiro didático direciona-se para uma reestruturação dos modelos partindo do conhecimento científico para a interação cotidiana e vivência escolar conforme figura 4.

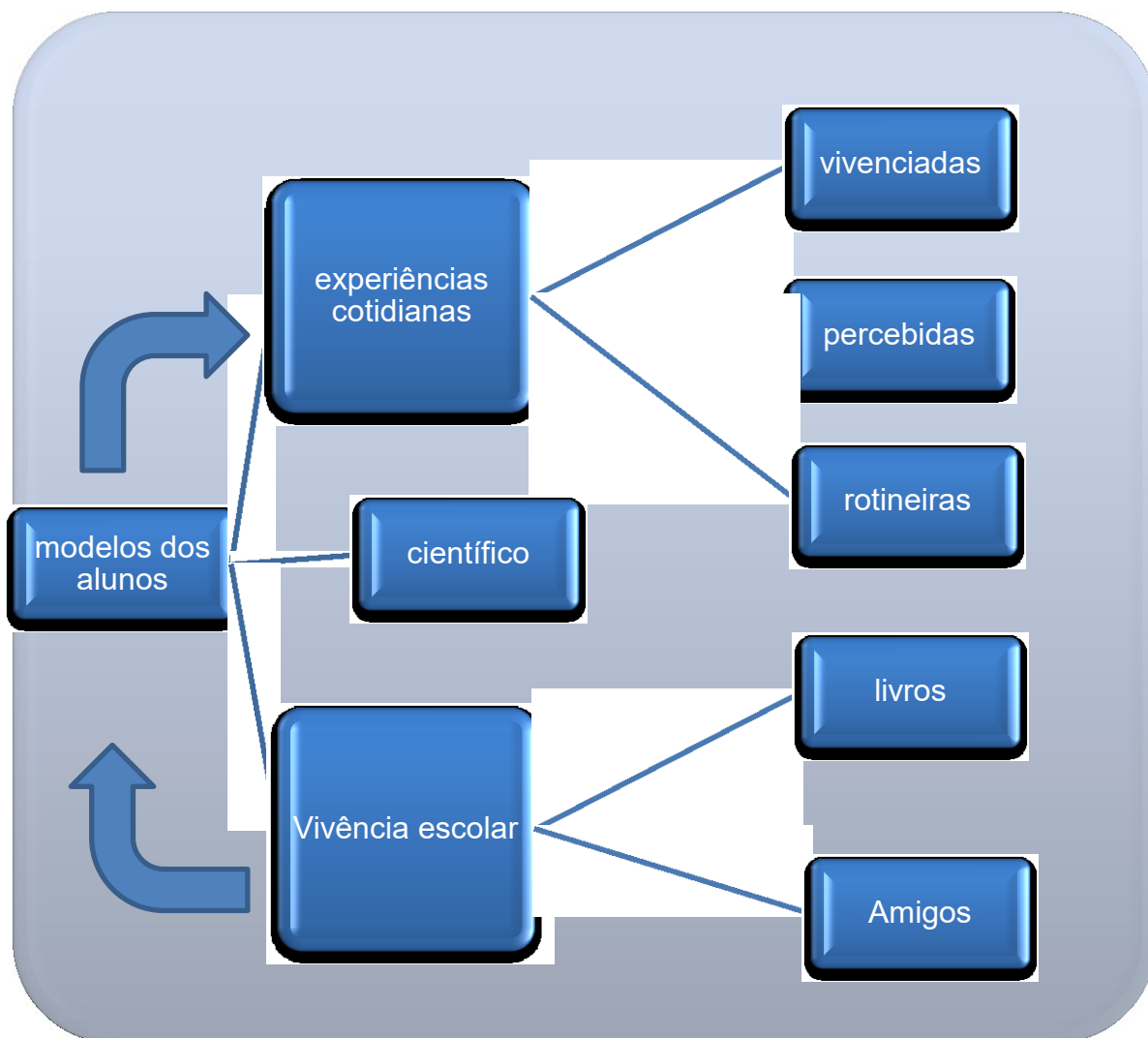


Figura 3: Organograma da "estrutura" dos modelos dos alunos.

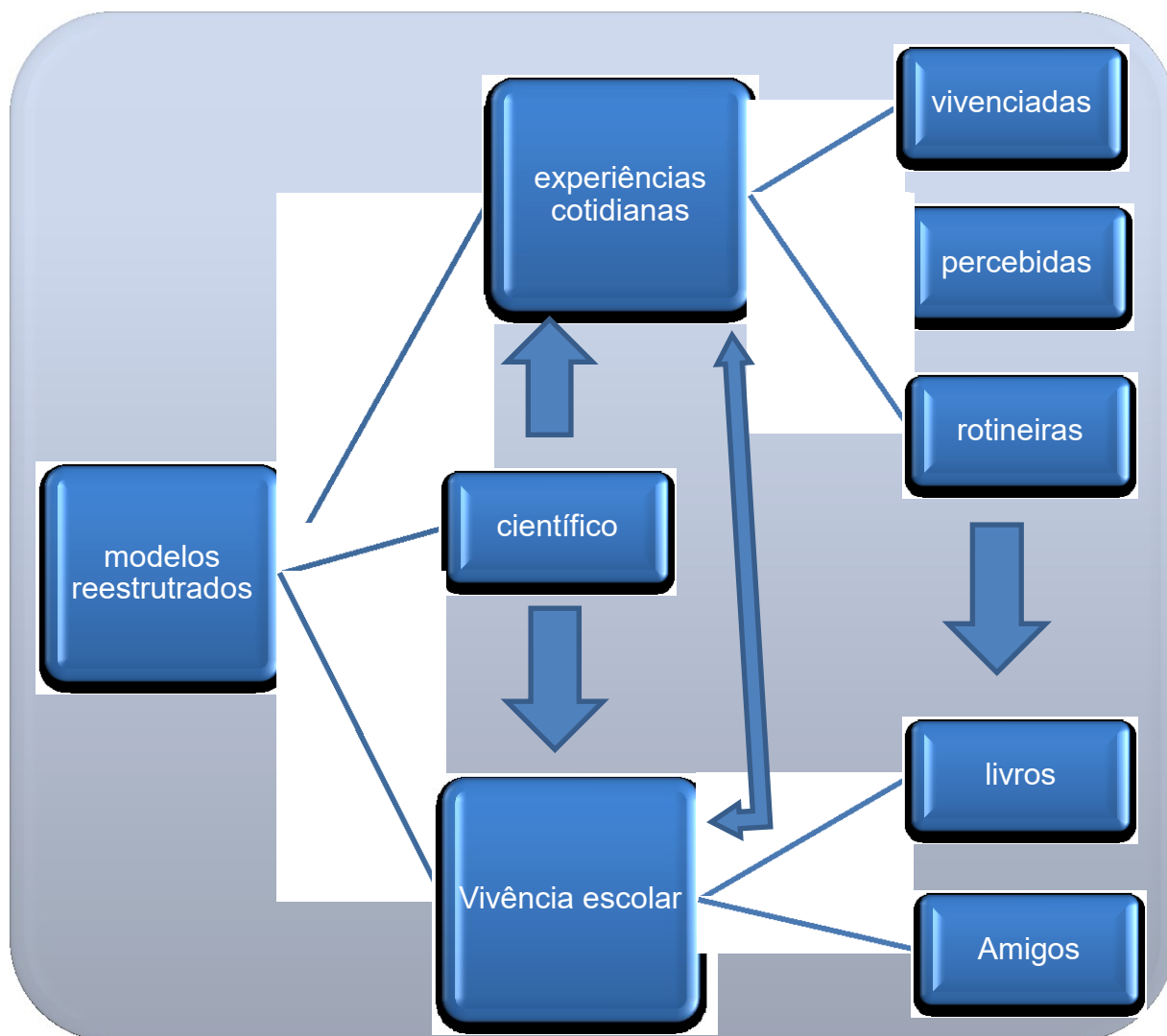


Figura 4: Organograma dos modelos reestruturados após o roteiro didático.