



MÁRCIO MARTINS DA SILVA

**AS LEIS DE NEWTON EM ATIVIDADES
ORIENTADORAS DE ENSINO: UMA
ANÁLISE DAS ELABORAÇÕES CONCEITUAIS
DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO EM UM
SISTEMA PRISIONAL**

LAVRAS–MG

2015



MÁRCIO MARTINS DA SILVA

**AS LEIS DE NEWTON EM ATIVIDADES ORIENTADORAS DE
ENSINO: UMA ANÁLISE DAS ELABORAÇÕES CONCEITUAIS DE
ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO EM UM SISTEMA PRISIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Araújo Andrade
Co-orientadora: Prof^ª. Dra. Helena Libardi

LAVRAS – MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Silva, Márcio Martins da.

As leis de Newton em atividades orientadoras de ensino : Uma análise das elaborações conceituais de estudantes do ensino médio em um sistema prisional / Márcio Martins da Silva. – Lavras : UFLA, 2015.

122 p.

Dissertação (mestrado profissional)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador(a): José Antônio Araújo Andrade.

Bibliografia.

1. Ensino de Física. 2. Leis de Newton. 3. Nexos Conceituais. 4. Lógico Histórico. 5. Atividade Orientadora de Ensino. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

MÁRCIO MARTINS DA SILVA

**AS LEIS DE NEWTON EM ATIVIDADES ORIENTADORAS DE
ENSINO: UMA ANÁLISE DAS ELABORAÇÕES CONCEITUAIS DE
ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO EM UM SISTEMA PRISIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Lavras como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 14 de dezembro de 2015

Dra. Iraziet da Cunha Charret – UFLA

Dr. José Antônio Araújo Andrade – UFLA

Dra. Maria do Carmo de Sousa – UFSCar

Dr. Ronei Ximenes Martins – UFLA

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Araújo Andrade
Co-orientadora: Prof^ª. Dra. Helena Libardi

LAVRAS – MG

2015

A minha mãe Benedita que, como ninguém, é minha torcedora e motivadora, ao meu pai Modesto (em memória) que por circunstâncias da vida não pode estar de corpo presente para esta vitória. Por fim, a minha esposa Viviane e familiares que colaboraram de tantas maneiras com o trabalho, com o estudo e com a vida.

**DEDICO
AGRADECIMENTO**

Ao Mestre dos mestres: Deus, pelo dom da vida e por todo cuidado comigo colocando pessoas tão maravilhosas em minha vida. E a nossa Mãe querida, Maria Santíssima, pela contínua intercessão por nós.

A minha mãe Benedita pelo amor incondicional e pelas vezes que renunciou a seu próprio sonho por acreditar no meu. Obrigado por todo apoio e força, principalmente nos momentos em que estive ausente.

Aos meus irmãos Mauro, Marcos, Marcelo e Márcia pela amizade e pelos momentos compartilhados.

As minhas cunhadas e cunhado, pelo apoio nas horas difíceis.

Aos meus sobrinhos, que são como bênçãos em minha vida, que encantam e enchem meus dias de alegria e felicidade.

A minha esposa Viviane pelo companheirismo e por compreender minha ausência em tantos momentos, a minha filha que está a caminho. Obrigada por todo amor!

Aos meus amigos por me auxiliar na caminhada e por estarem presente ao meu lado, mesmo que distantes fisicamente.

Em especial, a Vera Lúcia que me incentivou desde o início do mestrado, uma pessoa que estimo muito sua amizade, e que eu tenho muito a agradecer. Agradeço pela sua amizade, pelo ensinamento, pelo seu apoio incondicional, por fazer acreditar que tudo é possível.

Aos colegas de mestrado, que no transpassar do tempo pode-se dizer amigos, aos momentos que vivemos juntos, pela amizade, pelo carinho e cuidado que sempre demonstraram, em especial Luciano Arantes, pelo apoio e as dificuldades vencidas nesta caminhada.

Ao meu orientador, pela paciência e presença em todos os momentos. Obrigado pelas orientações!

Ao corpo docente do programa de pós-graduação de Ensino de Física da Universidade Federal de Lavras (UFLA) pelos ensinamentos e contribuições em nossa formação. Em especial, aos membros da nossa banca, Irazieta da Cunha Charret, José Antônio Araújo Andrade, Maria do Carmo de Sousa e Ronei Ximenes Martins, pela atenção e pelas contribuições a este trabalho.

Ao Departamento de Ciências Exatas e a Universidade Federal de Lavras.

À Capes pela bolsa concedida desde o início dessa pesquisa.

Aos professores que vieram antes e fazem parte dessa história; por serem pessoas tão importantes as quais admiramos pela dedicação e força com a qual ensinam e por nos fazerem acreditar em um mundo melhor.

Em especial ao professor e mestre Ronan Vaz, o meu carinho e gratidão a você, que além de transmitir seus conhecimentos e suas experiências, soube apoiar-me nas horas de dificuldades, e com sua ajuda me fiz crescer na vida pessoal e profissional.

Aos colegas de trabalho da Escola Estadual Maria Aparecida Costa de Resende que me ajudaram de forma direta ou indiretamente nesta pesquisa.

A todas as pessoas que trabalham nesta Penitenciária, principalmente ao Diretor de segurança pela compreensão da importância desta pesquisa.

A todos os meus familiares por todo apoio e pela motivação em todas as circunstâncias.

Enfim, a todos que participaram, direta ou indiretamente, deste momento tão importante em minha vida!

“Olhar para trás após uma longa caminhada pode fazer perder a noção da distância que percorremos, mas se nos detivermos em nossa imagem, quando a iniciamos e ao término, certamente nos lembraremos o quanto nos custou chegar até o ponto final, e hoje temos a impressão de que tudo começou ontem. Não somos os mesmos, mas sabemos mais uns dos outros. E é por esse motivo que dizer adeus se torna complicado! Digamos então que nada se perderá. Pelo menos dentro da gente...”

João Guimarães Rosa

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi identificar e analisar as elaborações conceituais produzidas por estudantes de um sistema prisional quando as leis de Newton são desenvolvidas a partir de Atividades Orientadoras de Ensino (produto). A investigação está embasada em uma perspectiva histórico-cultural do

conhecimento na qual se buscou compreender o processo lógico-histórica das Leis de Newton para identificar os nexos conceituais que foram explorados na elaboração e desenvolvimento do produto. Esse processo foi orientado pela seguinte questão de investigação: Quais elaborações os estudantes do primeiro ano do ensino médio de um sistema prisional produzem a respeito das Leis de Newton quando essa é desenvolvida a partir da exploração de seus nexos conceituais em Atividades Orientadoras de Ensino? Trata-se de uma pesquisa de cunho qualitativo, cuja documentação foi construída a partir dos seguintes instrumentos de coleta de dados: o gravador de áudio, os registros escritos elaborados pelos estudantes através da AOE, diário de campo do professor pesquisador e a filmagem. Análise de dados pautou-se em uma metodologia denominada Análise de Conteúdo, a partir da qual se constatou que as unidades de registro poderiam ser os próprios nexos conceituais identificados para as leis de Newton: movimento; força; e inércia. Verificou-se ainda que os estudantes se colocaram em atividade, discutiram nos grupos, e que, em suas interações, surgiram argumentos semelhantes aos encontrados na processo lógico-histórica do conceito, o que serviu de base para a mediação docente e sistematização do conceito.

Palavras-chave: Ensino de Física. Leis de Newton. Nexos conceituais. Lógico-histórico. Atividade Orientadora de Ensino

ABSTRACT

The objective of this research was to identify and analyze the conceptual elaborations produced by students of a prison system when Newton's laws are built on Guiding Teaching Activities (product). The research is grounded in a historical and cultural perspective of knowledge which aimed to understand the logical historical process of Newton's Laws to identify conceptual links that have been exploited in the design and product development. This process was guided by the following research question: What elaborations students of the first year of high school a prison system produce about the Newton's laws when this is developed from the exploration of its conceptual links in Guiding activities Teaching? It is a qualitative research whose documentation was constructed from the following data collection instruments: Sound Recorder, the written records produced by the students through the AOE, research professor of the field diary and shooting. Data analysis was guided on a methodology called content analysis, from which it was found that the registration units could be the very conceptual connections identified for Newton's laws: movement; force; and inertia. It was also found that students were placed in operation, discussed in groups, and that, in their interactions, there were arguments similar to those found in logical-historical process concept, which formed the basis for the teaching mediation and systematization of the concept.

Keywords: Physics Teaching. Newton's laws. Conceptual links. Logical-historical. Guidance Teaching activity

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 Movimento da flecha.....	50
Figura 2 Movimentos em epiciclos.....	53
Figura 3 Movimento circular de Galileu.....	57
Figura 4 Movimento circular de Galileu.....	58
Figura 5 Atividade orientadora de ensino I.....	74
Figura 6 Atividade orientadora de ensino II.....	75
Figura 7 Kits elaborados pelo pesquisador.....	77
Figura 8 Discussão sobre o conceito de movimento.....	86
Figura 9 Uso do Kit para realização da AOE.....	90
Figura 10 Plano inclinado.....	100
Figura 11 Explicação de Galileu da queda dos corpos.....	106
Figura 12 Questionamentos dos grupos.....	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 3	86
Quadro 2 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 2	88
Quadro 3 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 3	89
Quadro 4 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 2	90
Quadro 5 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 1	93
Quadro 6 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 1	94
Quadro 7 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 2	96
Quadro 8 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 3	97
Quadro 9 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 1	100

Quadro 10 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 2	1
02	
Quadro 11 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 3	1
04	
Quadro 12 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 1	1
05	
Quadro 13 Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com grupo 2	1
07	

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO15
-------------------	---------

CAPÍTULO I 20

CONSTRUCTOS TEÓRICOS 20

1.1	Princípios da teoria histórico-cultural para o ensino de física.....
1.2	Aspectos e elementos histórico-culturais do processo de mediação 26
1.3	A perspectiva lógico-histórica no ensino da Física.....
1.4	Nexos conceituais.....
1.5	Atividades orientadoras de ensino (AOE).....

CAPÍTULO II 48

O DESENVOLVIMENTO LÓGICO-HISTÓRICO DAS LEIS DE NEWTON.....	
2.1 O caminho de Aristóteles.....	

2.2 Claudius Ptolomeu.....	
2.3 Copérnico, Giordano Bruno, Galileu e outros.....	
CAPÍTULO III	68
METODOLOGIA DA PESQUISA	68
3.1 Caracterizações dos sujeitos e do contexto da pesquisa.....	
3.2 A dinâmica de desenvolvimento do produto e a caracterização dos instrumentos de análise.....	
3.3 O processo de sistematização teórica, construído ao longo do trabalho e a constituição das unidades de análise.....	
CAPÍTULO IV	85
AS ELABORAÇÕES CONCEITUAIS DE ESTUDANTES A RESPEITO DAS LEIS DE NEWTON	85
4.1 Elaboraões conceituais dos estudantes a respeito do nexu movimento.....	
4.2 Elaboraões conceituais dos estudantes a respeito do nexu: força.....	
4.3 Elaboraões conceituais dos estudantes a respeito do nexu inércia.....	
4.4. Síntese e sistematização das AOE.....	109
CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	115

INTRODUÇÃO

“Formar o professor de qualidade é organizar as ações coletivas de modo que o sujeito, ao agir para resolver uma determinada parte da atividade, perceba-se como usufruindo de uma parte dos bens construídos na coletividade e, ao mesmo tempo, fazendo parte desta construção. Assim, (...), o educador (...) toma parte na atividade “educação escolar” na expectativa de estar contribuindo para que os alunos compreendam melhor o seu mundo e construam capacidade para torná-lo cada vez mais humano” (MOURA, 2000, p. 125).

As Leis de Newton integram a ementa da disciplina de Física do primeiro ano do Ensino Médio. Tradicionalmente, alguns professores trabalham este e outros conceitos da Física utilizando uma didática enraizada no *formalismo* e no *tecnicismo*, ou seja, trabalham uma Física puramente matematizada.

Esta percepção da Física, adotada no ensino médio, é criticada nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), no qual se faz a seguinte consideração:

o ensino de Física tem-se realizado freqüentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. (BRASIL, 2000, p. 22)

Assim, as Leis de Newton são ensinadas de forma pouco significativa aos estudantes, de forma pragmática e até mesmo tediosa.

Buscou-se organizar um ensino que possibilitasse uma aprendizagem mais significativa aos estudantes, na qual eles pudessem despertar o interesse em desenvolver o pensamento por meio da Física, procurando desconstruir o mito do conhecimento como um produto acabado, fruto da mente de pessoas privilegiadas.

Iniciou-se então um processo reflexivo a respeito de como colaborar com o desenvolvimento do ensino e da aprendizagem da Física, pensando na criação de situações didáticas que pudessem favorecer uma melhor compreensão dos seus conceitos.

Nesse sentido, optou-se pela elaboração de Atividades de Ensino como produto educacional¹ por conterem características essenciais da ação educativa, entre elas a intencionalidade do professor, o aspecto da produção e negociação de significados e, especialmente, o conhecimento como uma construção humana, social (MOURA, 2001).

Nesta perspectiva, investigar metodologias alternativas que auxiliem na melhoria do ensino e aprendizagem de Física tem sido o objeto de investigação de muitos trabalhos realizados pelas primeiras turmas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, em seus vários polos espalhados pelo país. Portanto, os temas do mestrado estão focalizados na elaboração de um produto educacional como suporte didático para o professor no planejamento e desenvolvimento de algumas de suas aulas.

Muitos estudantes carregam consigo a percepção da Física, como um campo de conhecimento em que se enfatizam procedimentos, a manipulação mecânica de regras e algoritmos, o pronto e o acabado, como aquilo que não é passível de mudanças ou questionamentos (BRASIL, 2000). Entretanto, como mostra o desenvolvimento histórico de um conceito científico, esta não é uma realidade e a “manipulação mecânica não garante a

¹ O produto educacional é uma exigência do programa de pós-graduação e foi entregue como um documento a parte, para que possa servir de material pedagógico para professores que ensinam Física.

assimilação do conceito” (MOURA, 2003, apud CUNHA, 2008, p. 2). A constituição conceitual das Leis de Newton ocorreu ao longo da história da humanidade em função dos contextos histórico-socioculturais..

Considerando a relevância do ensino das Leis de Newton, optou-se por investigar como os estudantes, inseridos em um sistema prisional, matriculados no primeiro ano do ensino médio, tratam o conjunto de conceitos que representam o que se denomina por Leis de Newton. Para orientar essa investigação formulou-se a seguinte questão: **Quais elaborações conceituais os estudantes inseridos em um sistema prisional produzem ao vivenciar atividades orientadoras de ensino (AOE) sobre as leis de Newton?**

Entende-se por elaborações “as manifestações do pensamento sobre os conceitos quer orais ou escritas” (LANNER DE MOURA, 2003, p. 6). A aprendizagem do conceito envolve discuti-lo a partir do

aprofundamento de seu movimento de criação na história humana buscando encontrar elementos pedagógicos tensionadores, da (re)criação conceitual em quem ensina e em quem aprende; ao entender que o elemento tensionador é determinante para estabelecer uma relação subjetiva do sujeito, com o conceito. idem

A situação didática investigada nesta pesquisa desenvolveu-se em seis aulas de 50min cada, com estudantes do primeiro ano do ensino médio dentro de uma Penitenciária localizada em uma cidade do interior de Minas Gerais. Foi feito um estudo sobre o desenvolvimento do pensamento ao longo da história, a partir de uma perspectiva lógico-histórica. Nesse percurso, buscou-se entender o que são os nexos conceituais das leis de Newton para então elaborar as AOE.

Os dados desta pesquisa foram fundamentados mediante os registros escritos pelos estudantes através das AOE, nos registros do diário de campo pelo professor pesquisador, pelo audiogravador e, posteriormente, feito a transcrição para a análise e pelo uso do vídeo. A idade dos estudantes varia entre 22 e 60 anos e todos cumprem pena em regime semiaberto.

Assim, tomando por base esses estudos, realizou-se a análise do desenvolvimento de um produto educacional cuja intencionalidade foi corroborar com o ensino e aprendizagem da Física, construindo uma alternativa didática pedagógica com foco nas leis de Newton. Portanto, foram criadas as AOE com objetivo de explorar os nexos conceituais, de uma forma que possa contribuir como uma alternativa pedagógica para o ensino e aprendizagem destes conceitos.

Deste modo, com a finalidade de oferecer suporte às ideias apresentadas, a dissertação está organizada em quatro capítulos.

No **Capítulo I** discutem-se os principais constructos teóricos desta pesquisa: a perspectiva histórico-cultural do conhecimento, a unidade lógico-histórico, a noção de nexos conceituais e de Atividade Orientadora de Ensino. Portanto, neste capítulo é estabelecido o aporte teórico desta pesquisa e, por intermédio da dialética entre a objetivação e apropriação, pensou-se em como se daria o desenvolvimento do comportamento e as atitudes dos sujeitos de acordo com as circunstâncias históricas e culturais de seu meio e como essas questões atuam no modo como os estudantes desenvolvem seu pensamento. Apresentam-se também os instrumentos e signos como mediadores do desenvolvimento cognitivo do estudante como forma de aprendizagem.

O **Capítulo II** apresenta aspectos importantes do desenvolvimento lógico-histórico das Leis de Newton, fundamentando-se nos seguintes referencias: Neves (2005); Cohen (1988); Rosmorduc (1985); Lucie (1977); Martins (1986, 1998); e outros, para identificar os nexos conceituais.

O **Capítulo III** trata da metodologia da pesquisa, no qual são apresentadas: as caracterizações dos sujeitos envolvidos na pesquisa e do contexto onde estão inseridos, para compreender a trajetória dos estudantes apresentando como acontece a vida e as normas de conduta dentro do sistema prisional; a dinâmica de desenvolvimento do produto educacional; e caracteriza os instrumentos de captação dos dados analisados.

Além disso, são feitas considerações a respeito da metodologia de análise, a qual foi pautada na Análise de Conteúdo, tomando como referencial as obras de Franco (2007) e Bardin (1977). Desta forma, foram estabelecidas três categorias de análise: Elaboraões conceituais a respeito do nexo Força; Elaboraões conceituais a respeito do nexo de Movimento e Elaboraões conceituais a respeito do nexo de Inércia.

O **Capítulo IV** está organizado em quatro tópicos. Nos três primeiros são analisadas as categorias da pesquisa, isto é, as elaborações conceituais dos estudantes a respeito de movimento, força e inércia. O quarto tópico trata da síntese e sistematização do capítulo, no qual se compreende que ensinar a Física por meio de AOE, é fazer entender que esta é uma ciência que está sempre em movimento e que as indagações e a procura por respostas em nosso dia a dia nos permite ultrapassar a barreira do senso comum e do saber empírico.

Para finalizar são apresentadas as **considerações finais** a respeito dos resultados obtidos e das percepções do autor quanto à pesquisa.

CAPÍTULO I

CONSTRUCTOS TEÓRICOS

Pela sua actividade, os homens não fazem senão adaptar-se à natureza. Eles modificam-na em função do desenvolvimento das suas necessidades (LEONTIEV, 1978, p. 265).

Neste capítulo são anunciados e discutidos os principais constructos teóricos desta pesquisa: a perspectiva histórico-cultural do conhecimento, o lógico-histórico, o uso de símbolos e signos, formas de pensamento, nexos conceituais e AOE. Para dar suporte a esses constructos recorreu-se aos seguintes autores: Sousa (2004), Cunha (2008), Moisés (1999), Duarte (1987), na teoria histórico-cultural de Vygotsky (1984; 1988; 1991; 1997; 2001), Leontiev (1978, 1983), Davydov (1982; 1988), e uma interpretação da teoria da atividade dada por Moura (1992; 1993; 2000; 2001; 2002; 2010).

1.1 Princípios da teoria histórico-cultural para o ensino de física

A teoria histórico-cultural é uma corrente da psicologia baseada nos princípios do materialismo dialético e tem o russo Lev Semynovich Vygotsky como seu principal representante, acompanhado por seus seguidores Leontiev, Luria, Davydov, Galperin e Elkonin. Esses seguidores apresentaram contribuições para o desenvolvimento das bases teóricas iniciais por meio da formulação de alguns constructos teóricos complementares e outros distintos (LIBÂNEO, 2006).

As manifestações de Vygotsky em face do desenvolvimento da aprendizagem e da construção do conhecimento percorrem a produção da cultura, como resultado das relações humanas. Ele procurou estudar o desenvolvimento intelectual (psíquico) humano a partir das relações histórico-sociais, ou seja, buscou demonstrar que o conhecimento é socialmente construído pelas relações humanas.

Tomando essas premissas, considera-se o conhecimento científico como uma construção humana, que têm em sua trajetória contradições, hesitações e dúvidas que só um longo trabalho de reflexão e apuramento pode ajudar a estabelecer conhecimentos cientificamente aceitos/validados (CARAÇA, 1984).

Essas considerações sinalizam o modo como é concebido o conhecimento e a aprendizagem no desenvolvimento da prática pedagógica investigada por esta pesquisa, as quais, por sua vez, nos levam a adotar a teoria histórico-cultural do conhecimento como aporte teórico deste trabalho.

É interessante destacar a base teórica como fundamento da ação. Assim, identifica-se na teoria histórico-cultural os princípios que podem levar o professor a uma atitude inovadora (investigativa e mediadora). Com a apropriação dos princípios dessa teoria, o professor não se sente confortável em assumir um papel de simples transmissor de conteúdos aos seus estudantes ou de pensar por eles. Assumindo esta compreensão, a função do professor passa a ser de organizar o ensino para que os estudantes possam desenvolver-se extensivamente, atribuindo assim um novo sentido ao papel do professor.

A teoria histórico-cultural traz elementos que ajudam a explicar a constituição histórica do conhecimento. A Física e o desenvolvimento das Ciências de um modo geral trazem o entendimento do processo de elaboração conceitual como fruto da criação humana (MOURA, 1993) e autoriza vivenciar caminhos trilhados por nossos pioneiros que legitimaram os conhecimentos hoje já estabelecidos como prontos e possíveis de

investigação, abrindo a possibilidade de entender os porquês de certos caminhos serem descartados e outros não.

A teoria histórico-cultural consiste na percepção das relações entre o psiquismo e as manifestações sociais e culturais. A história da humanidade como caminho psicológico, que investiga o desenvolvimento psíquico humano e sua analogia com a Educação, destaca o social, o cultural e o histórico, além de outros fatores decisivos no entendimento da mente humana e de seu desenvolvimento evolutivo (MOURA, 1993).

Além de apontar os fundamentos para o entendimento da processo dos conhecimentos, a teoria histórico-cultural contribui na compreensão de como os saberes podem ser ancorados e concebidos de sentidos pelos indivíduos.

Quem ensina objetiva que o outro construa o conhecimento e quem está em aprendizagem pretende apropriar-se de conhecimentos, o professor é um dos principais responsáveis pela mediação entre o conhecimento e o sujeito da aprendizagem e precisa criar situações pedagógicas em que os princípios da teoria histórico-cultural estejam presentes.

Davydov (1999) reforça este pensamento quando escreve que, atrás das ações humanas, estão às necessidades e emoções, antecedendo a ação, as relações com os sujeitos e as linguagens. Portanto, as ações humanas estão concentradas nos sentidos subjetivos, projetando-se em várias esferas da vida dos sujeitos, obviamente também na atividade dos estudantes, na compreensão das disciplinas escolares, no envolvimento com o assunto estudado:

a coisa mais importante na atividade científica não é a reflexão, nem o pensamento, nem a tarefa, mas a esfera das necessidades e emoções. [...] As emoções são muito mais fundamentais do que os pensamentos, elas são a base para todas as diferentes tarefas que um homem estabelece para si mesmo, incluindo as tarefas do pensar. [...] A função geral das emoções é capacitar uma pessoa a pôr-se certas tarefas vitais, mas este é somente meio caminho andado. A coisa mais importante é que as emoções capacitam a pessoa a decidir, desde o início, se, de fato, existem meios físicos, espirituais e morais

necessários para que ela consiga atingir seu objetivo. (DAVYDOV, 1999, apud Libâneo, 2004, p. 14)

Para a Davydov, a questão primordial da aprendizagem escolar é o desenvolvimento mental dos estudantes por meio do ensino e da educação, que ocorre pelo trabalho compartilhado entre os sujeitos da atividade.

Segundo Vygotsky (1991), o homem tem uma natureza social, uma vez que nasce em um ambiente com valores culturais: na ausência destes valores, o homem não se faz homem. Partindo desta hipótese, Vygotsky desenvolveu uma teoria de desenvolvimento da inteligência, na qual afirma que o conhecimento é sempre mediado.

Portanto, o processo não se dá de uma forma imediata e direta; os significados produzidos em seu meio social são mediados.

Segundo Freitas (2007, p. 20):

A mediação é um processo dinâmico no qual as relações com o outro ou com instrumentos culturais modelam as ações das pessoas [...] o homem não tem acesso direto aos objetos do conhecimento, mas um acesso mediado, que é possibilitado por sistemas semióticos, destacando-se aí o papel da linguagem.

Os processos mentais superiores só podem ser compreendidos por meio da mediação de instrumentos e signos, eles se correlacionam.

A mediação realizada por meio de instrumentos e signos permitem uma compreensão dos processos mentais superiores.

Entretanto, é através do contato com o outro, mediado pelos signos, que o sujeito se apropria das significações socialmente produzidas na sociedade.

as concepções de Vygotsky sobre o funcionamento do cérebro humano fundamentam-se em sua ideia de que as funções psicológicas superiores são construídas ao longo da história social do homem. Na sua relação com o mundo, mediada pelos instrumentos e símbolos desenvolvidos culturalmente, o ser humano cria as formas de ação que o distinguem de outros animais. (OLIVEIRA, 1992, p. 24)

Vale ressaltar que estas informações não são entendidas com o mesmo teor com que são recebidas, ou seja, elas sofrem uma reelaboração interna, com uma linguagem específica em cada sujeito. Em outras palavras, cada processo de construção de conhecimentos e desenvolvimento mental das pessoas possui peculiaridades individuais e particulares de cada um.

Nesse sentido, a palavra sociocultural está relacionada aos aspectos do comportamento humano durante os processos de negociação de significados com os outros. “A palavra, a língua, a cultura relaciona-se com a realidade, com a própria vida e com os motivos de cada indivíduo” (LANE, 1997, p. 34).

Segundo Marx e Engels (2006, citado por BASMAGE, 2010, p. 46), a linguagem é:

[...]. tão antiga quanto a consciência real, prática, que existe para os outros nomes e, portanto também para mim mesmo; e a linguagem nasce, como a consciência, da carência, da necessidade de intercâmbio com outros homens. [...] consciência, portanto, é desde o início um produto social e continuará sendo enquanto existirem homens.

O princípio básico de Vygotsky se expressa num movimento dialético, no qual o sujeito do conhecimento não tem um comportamento inerte frente ao meio externo:

ao ser estimulado pela realidade objetiva, ele se apropria dos estímulos provenientes da mesma, internalizando conceitos, valores, significados, enfim, o conhecimento construído pelos homens ao longo da história. Neste sentido, a prática do sujeito está sempre relacionada à prática social acumulada historicamente. (MEIER; GARCIA, 2007, p. 56)

Nesse encadeamento, o homem constitui-se a partir da relação que estabelece com o outro enquanto ser social. Deste modo, “a cultura se torna parte da natureza humana, num processo histórico que, ao longo do desenvolvimento da espécie e do indivíduo, molda o funcionamento psicológico do homem” (OLIVEIRA, 1992, p. 24), ou seja, o processo

intelectiva do homem está intimamente conectada às relações sociais que têm como produto a cultura e o conhecimento.

Neste processo da relação humana, que produz cultura e transforma o homem em um ser social, a linguagem é o sistema simbólico fundamental de mediação entre os homens e o mundo concreto.

Assim, a linguagem possui dupla importância na elaboração do saber. Além de intermediar a relação entre os homens (relação essa que produz conhecimento), “a linguagem simplifica e generaliza a experiência, ordenando os fatos do mundo real em conceitos, cujo significado é compartilhado pelos homens que, enquanto coletividade, utilizam a mesma língua” (OLIVEIRA, 1992, p. 27).

Na ótica histórico-cultural, o progresso da linguagem representa uma referência no desenvolvimento do homem:

a capacitação, especificamente humana para a linguagem, habilita as crianças a providenciarem instrumentos auxiliares na solução de tarefas difíceis, a superarem a ação impulsiva, a planejarem a solução para um problema antes de sua execução, e a controlarem seu próprio comportamento. (LEITE; PRANDI, 2009, p. 206)

Assim, signos e palavras formam, para os sujeitos, um meio de contrato social com outras pessoas na forma de sua comunicação. As funções cognitivas e comunicativas da linguagem consistem, então, na sustentação de uma nova atividade para os estudantes, diferenciando-os dos animais. Desta forma, a linguagem tanto expressa o pensamento do sujeito como age como organizadora desse pensamento.

É importante enfatizar que Vygotsky (1988) admite a importância das definições biológicas da espécie humana. Entretanto, para ele, o que mais influencia na formação do sujeito são as interações sociais que oferecem instrumentos e símbolos repletos de cultura, as quais fazem a intervenção do indivíduo com o mundo, fornecendo-lhe elementos para a formação dos mecanismos psicológicos, fundamentais para as aprendizagens e para o desenvolvimento.

1.2 Aspectos e elementos histórico-culturais do processo de mediação

Durante seus estudos, Vygotsky preocupou-se em verificar como as evoluções mentais superiores se desenvolvem no ser humano. Por evolução mental superior entende-se o domínio consciente do comportamento, a ação voluntária e a liberdade do indivíduo em relação às características do momento e do espaço presentes.

O ser humano tem a possibilidade de pensar em objetos ausentes, imaginar eventos nunca vividos, planejar ações a serem realizadas em momentos posteriores. Esse tipo de atividade psicológica é considerado “superior”, na medida em que se diferencia de mecanismos mais elementares, tais como ações reflexas (a sucção do seio materno pelo bebê, por exemplo), reações automatizadas (o movimento da cabeça na direção de um som forte repentino, por exemplo) ou processos de associação simples entre eventos (o ato de evitar o contato da mão com a chama de uma vela, por exemplo) (OLIVEIRA, 1997, p. 26).

Desta maneira, o que coloca o homem à frente dos outros animais é a intencionalidade e a liberdade de escolha naquilo que se faz. Portanto, entende-se que o conceito de mediação está na interação de todas as ações intencionais e voluntárias do ser humano. Segundo Oliveira (1997, p. 26), a mediação apoia-se num “processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação; a relação deixa, então, de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento”. Isso significa que o convívio do homem com os outros homens no meio em que vive é sempre mediado por algum conhecimento anteriormente concebido. Veja um exemplo de ação mediada:

Quando um indivíduo aproxima sua mão da chama de uma vela e a retira rapidamente, ao sentir dor, está estabelecida uma relação direta entre o calor da chama e a retirada da mão. Se, no entanto, o indivíduo retirar sua mão quando apenas sentir o calor e lembrar-se da dor sentida em outra ocasião, a relação entre a chama da vela e a retirada da mão, está mediada pela lembrança da experiência anterior. Se, em outro caso, o indivíduo

retirar a mão quando alguém lhe disser que pode queimar-se, a relação está mediada pela intervenção dessa pessoa. (OLIVEIRA, 1997, p. 26)

A ótica histórico-cultural se mostra na preocupação em compreender o homem como um sujeito histórico que, através do trabalho, intervém no meio ambiente, cria cultura e desenvolve-se. Na perspectiva de Vygotsky (1991), é pelo trabalho em conjunto que o homem estabelece relações sociais com os outros e cria instrumentos que auxiliam a modificação do meio, em proveito de sua sobrevivência.

Instrumento é todo objeto criado pelo homem com o objetivo de facilitar o seu trabalho e, conseqüentemente, sua sobrevivência. Pode-se dizer, então, que os instrumentos são o meio da relação homem-homem e homem-mundo.

Vygotsky (1988) indica dois elementos básicos responsáveis pela mediação: o instrumento, que tem a função de controlar as ações sobre os objetos, e o signo, que regula as ações sobre o psiquismo (Conjunto de emoções e sensibilidades emanadas da mente humana, as quais informam a boa ou má sanidade do cérebro) das pessoas. Então, o instrumento é o objeto em si (o lápis, carteira, a borracha etc.) e o signo é a representação social desse objeto.

De acordo com Vygotsky (2003, apud Basmage, 2010, p. 43):

O uso de instrumentos e o uso de signos compartilham algumas propriedades importantes; ambos envolvem uma atividade mediada. Porém, eles também se distinguem; os signos são orientados internamente, segundo Vygotsky uma maneira de dirigir a influência psicológica para o domínio do próprio indivíduo; os instrumentos, por outro lado, são orientados externamente, visando o domínio da natureza.

Essa capacidade de intervenção simbólica representa uma nova ação, que envolve as atividades intituladas de *funções psicológicas superiores*. O alicerce dessas funções superiores de comportamento, operações com signos, precisa de uma conexão intermedial entre o estímulo e a resposta

(OLIVEIRA, 1993; REGO, 1995). Essa conexão é criada como um estímulo de segunda ordem, signo, colocado no interior da operação, na qual ocupa uma função especial: cria uma nova junção entre o estímulo e a resposta.

Pode-se dizer que, no plano psicológico, ou seja, na esfera do pensamento e da inteligência, o homem cria signos, que Vygotsky (1991) intitula como instrumentos psicológicos. Os signos, são o oposto dos outros instrumentos, são internos ao indivíduo, portanto, são instrumentos que auxiliam nos procedimentos psicológicos e não nas ações físicas, como os instrumentos.

[...] as funções psicológicas superiores apresentam uma estrutura tal que, entre o homem e o mundo real, existem mediadores, ferramentas auxiliares da atividade humana. Os elementos mediadores na relação entre o homem e o mundo instrumentos, signos e todos do ambiente humano, carregados de significado cultural, são fornecidos pelas relações entre os homens. Ao longo da história da espécie humana – quando o surgimento do trabalho possibilitou o desenvolvimento das atividades coletivas, das relações sociais e do uso de instrumentos – as representações da realidade têm se articulado em sistemas simbólicos. Os sistemas simbólicos, particularmente a linguagem, exercem um papel fundamental na comunicação entre os indivíduos e no estabelecimento de significados compartilhados que permitem apropriações dos objetos, eventos e situações do mundo real. (MEIER; GARCIA, 2007, p. 58)

Assim como os instrumentos externos e materiais, os signos também são mediadores da relação homem-homem e homem-mundo. Tanto os signos quanto os instrumentos “oferecem suporte concreto para a ação do homem no mundo” (OLIVEIRA, 1993, p. 34).

É importante salientar que os signos e os instrumentos não são imagem de um mesmo processo: à medida que o homem vai fazendo o uso dos instrumentos externos, eles vão se modificando em processos internos. Essa transformação de instrumentos externos em signos internos acontece através do que Vygotsky chama de processos de internalização.

[...] é no curso de suas relações sociais (atividade interpessoal) que os indivíduos produzem, se apropriam (de) e transformam as diferentes atividades práticas e simbólicas em circulação na sociedade em que vivem, e a internalizam como modos de ação/elaboração “próprios” (atividade intrapessoal), constituindo-se como sujeitos. Nesse processo de individualização pelo outro, o sujeito reconstrói internamente os modos de ação externos compartilhados. À reconstrução interna de uma operação externa, Vygotsky dá o nome de internalização. (FONTANA, 2005, p. 11)

Na história do processo de desenvolvimento, o sujeito deixa de necessitar de marcas externas e passa a utilizar signos internos, representações mentais que substituem os objetos do mundo real.

Os signos internalizados são como marcas exteriores, elementos que representam objetos, eventos e situações. Assim, como um nó num lenço pode representar um compromisso que não quero esquecer. Minha ideia de “mãe” representa a pessoa real de minha mãe e me permite lidar mentalmente com ela, mesmo na sua ausência. (OLIVEIRA, 1993, p. 35)

Estes símbolos da realidade e da linguagem são sistemas simbólicos dos grupos humanos, que fazem a mediação desses com o mundo. O grupo cultural é quem concebe aos homens essas representações e esses modelos simbólicos, já que, ao interagir com outras pessoas, eles vão interiorizando as formas culturalmente elaboradas de instrumentos externos e internos, que possibilitam as relações sociais entre as pessoas. Ou seja, não é cada homem que produz suas representações ou símbolos de forma individual; mas, ao nascerem, estes homens já encontram um modelo simbólico construído por outros homens.

É importante ressaltar que o homem, na ótica sócio-histórica não é entendido como um ser inerte, que precisa somente aprender os símbolos já construídos; ao longo da vida, os homens criam e recriam novos modelos simbólicos; e é exatamente isso que dá ao homem sua personalidade de sujeito histórico que, ao criar cultura, cria a si mesmo.

O processo pelo qual o indivíduo internaliza a matéria-prima fornecida pela cultura não é, pois, um processo de absorção passiva, mas de transformação, de síntese. Esse processo é, para Vygotsky, um dos principais mecanismos a serem compreendidos no estudo do ser humano. É como se, ao longo de seu desenvolvimento, o indivíduo “tomasse posse” das formas de comportamento fornecidas pela cultura, num processo em que as atividades externas e as funções interpessoais transformam-se em atividades internas, intrapsicológicas. (OLIVEIRA, 1997, p. 38)

A questão da mediação simbólica é um atributo da relação do homem com o mundo e com os outros homens. Qualquer estímulo produzido pelos objetos do mundo seja um som, uma luz, uma cor, uma letra, uma palavra, um gesto, isto é, qualquer signo é uma representação simbólica.

Apesar de nascermos com características da espécie *homo sapiens*, o conhecimento da raça humana está sendo gerada dia a dia e pode ser apropriado socialmente, porém, na escola o esforço educativo, envolvendo estudantes e professores de forma intencional, é mais proveitoso para a apropriação dos bens culturais estabelecidos socialmente. Como ideias, valores, culturas e práticas do ser humano, ao serem apropriados propiciaram aos estudantes socializar-se, formando a individualidade do ser humano diferente do ser animal:

Portanto, apenas a biológica não basta para satisfazer nossas necessidades humanas. Logo, a convivência social é fundamental para modificar o homem de ser biológico ao ser humano social, e a aprendizagem que advém da interação dos sujeitos, ajuda a construir os conhecimentos que dão suporte ao desenvolvimento do sujeito. O homem não se faz homem de forma natural, ele não nasce sabendo ser homem ele nasce hominizado, vale dizer ele não nasce sabendo sentir, pensar, avaliar e agir. Para saber pensar e sentir; para saber querer, agir ou avaliar é preciso aprender, o que implica o trabalho educativo (FACCI, 2004, p. 229).

De acordo com Leontiev (1978, p. 267):

Podemos dizer que cada indivíduo aprende a ser um homem. O que a natureza lhe dá quando nasce não lhe basta para viver em sociedade. É lhe ainda preciso

adquirir o que foi alcançado no decurso do desenvolvimento histórico da sociedade humana.

Então, acredita-se, juntamente com Moura (2000), Sousa (2004), Facci (2004), Cedro (2008), que a intencionalidade da educação é a transformação do indivíduo, o qual precisa deixar de ser hominizado para se tornar humanizado. A postura em ensinar não pode ser infrutífera, deve-se colaborar para o sujeito se tornar melhor como ser humano, estender seus conhecimentos espontâneos e prosseguir no desenvolvimento de atitudes, evoluindo culturalmente.

Constata-se pela teorização de Vygotsky (2001) de que a aprendizagem gera o desenvolvimento cognitivo e provoca o processo das formas espontâneas de conhecimento às formas mais elaboradas, ao conhecimento científico.

É importante destacar que quando o professor considera o senso comum para apoiar aos conhecimentos teóricos, considerando os conhecimentos prévios, não subtrai dos estudantes a chance do desenvolvimento de suas faculdades mentais se, em suas ações os estudantes, estiverem envolvidos no movimento de busca, produção de ideias, representações do mundo, mobilização do pensamento e saberes. Portanto, para Davydov (1988), esse movimento leva ao desenvolvimento dos níveis de pensamento psíquicos aos mais elevados, do empírico ao abstrato ou evoluindo ao pensamento teórico, científico.

Vygotsky (2001) nos mostra que nem todo ensino caminha à aprendizagem e ao desenvolvimento do estudante. O sentido da aprendizagem é assegurar o desenvolvimento intelectual do estudante, em sua consciência. Porém, para haver aprendizagem é necessário que haja o interesse pelo objeto que se desconhece. Assim, aparece a questão: como se interessar pelo que ainda não se conhece? Diante deste fato a presença do professor é fundamental, mas desafiador diante da realidade objetiva de nossas escolas. O trabalho do professor, ao procurar fazer com que o

estudante almeje o conhecimento, perpassa pela organização do ensino com intuito de gerar expectativas no estudante.

Vygotsky (2001) critica o ensino em que o professor é considerado como o centro, aquele que transmite aos estudantes uma quantidade exagerada de conteúdos, sem qualquer consideração histórica, para que memorizem e retornem em uma atividade da mesma forma que aquele conteúdo foi recebido por eles, ou seja, de forma mecânica.

Classificando este tipo de ensino como tradicional, estático, acabado e não possível de ser discutido, Vygotsky (2001, p. 273) observa que “a verdade científica é mortal, vive dezenas, centenas de anos, mas depois morre porque no processo de domínio da natureza a humanidade sempre avança”. De nada adianta memorizar um exagero de informações, já que, em algum momento, elas vão se modificar sem ao menos proporcionar o progresso intelectual do estudante.

O papel do professor na sala de aula inclui o movimento de auxiliar os estudantes a pensar sobre os conhecimentos como algo possível de ser modificável na construção humana.

A função do professor vai além da apresentação dos conteúdos. Se o professor executa sua função apenas na apresentação dos conteúdos, ele poderá ser facilmente substituído pelos livros, assim como considera Vygotsky (2001). E não somente pelos livros, mas também pelas máquinas que podem divulgar informações com precisão, não se cansam e podem repetir quantas vezes for preciso. Diferente, quando o homem é agente de mudanças, principalmente aquele que pensa e faz os outros pensarem, ele terá espaço em qualquer mundo repleto de tecnologia.

O pensamento não é outra coisa senão a participação de toda a nossa experiência anterior na solução de uma tarefa corrente, e a peculiaridade dessa forma de comportamento consiste inteiramente no fato de que ela introduz o elemento criador no comportamento ao criar todas as combinações possíveis de elementos em uma experiência prévia como é, em essência o pensamento. (VYGOTSKY, 2001, p. 238)

Na ótica de Vygotsky (2001), no pensamento estão envolvidas todas as experiências que o sujeito carrega, além de o pensamento ter atribuição criativa. Causar no estudante esse querer requer um conhecimento amplo do professor, é algo desafiador. Não basta ser preocupado com os estudantes, se não lhes possibilitar o desenvolvimento de níveis elevados de pensamento. O professor, no ponto de vista que Vygotsky (2001, p. 455) já defendia desde 1920, não deveria conhecer apenas o seu objeto de trabalho, mas ter “um embasamento cultural vasto”.

No desenvolvimento do ensino, é necessário ficar evidente ao sujeito que ele não deve se contentar com os conhecimentos obtidos, mas buscar ampliá-los, inclusive questionando saberes já produzidos. O homem se diferencia essencialmente do animal quando se adapta ao meio em que vive, se apropria dele e o modifica.

Na apropriação do que foi desenvolvido por seus antecessores, inclusive a cultura de seu povo, o homem se humaniza.

O professor como mediador do ensino cria condições para o processo do estudante, na formação do pensamento teórico, uma vez que a “transmissão e a apropriação da experiência sócio-histórica tornam-se fundamentais para o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores” (FACCI, 2004, p. 192).

Vygotsky (2001) explica a atribuição de significado quanto a ser diferente para o estudante e professor.

Mesmo que o significado seja desenvolvido no processo histórico, ele está incluso na palavra, num “sistema estável de generalizações, compartilhado por diferentes pessoas” (MOYSÉS, 2006, p. 39).

Portanto, Vygotsky (1991) entende o homem como um ser social, a intervenção de outras pessoas (pais, professores, colegas) é uma característica essencial para o desenvolvimento do sujeito na forma psíquica.

No ensino de Física, o professor deve ser o estimulador da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) do estudante, despertando a ascensão nos conhecimentos que ainda não aconteceram.

Entende-se por ZDP:

[...] a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar por meio da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado por meio da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (VYGOTSKI, 1984, p. 87).

O contato com os colegas no trabalho em grupo, além de estimular a interação social, pode ser um bom momento para o desenvolvimento de ideias e aperfeiçoamento dos conhecimentos do estudante. Porém, o contato individual entre professor e estudante não pode ser descartado, pois é um momento em que o professor pode fazer um diagnóstico sobre o desenvolvimento real e proximal dos estudantes (OLIVEIRA, 1992, 1993).

Nesta circunstância, a escola é um local primordial que permite uma vida coletiva, com interações grupais, onde são notados os valores, as normas e as filosofias de vidas diferenciadas. Ou seja, é um local que recebe influência das condições socioculturais da comunidade em que está incluído.

A escola é um ambiente no qual é socializada a vivência de todos que ali convivem. É um espaço onde há trocas de experiências e aprendizagens entre estudantes e estudantes, professores e estudantes, professores e professores, estudantes e cantineiras, enfim, entre todos os que fazem parte do processo educacional da escola.

Vygotsky (1988) considera a escola como o lugar mais auspicioso ao desenvolvimento do estudante. Segundo o autor, desenvolvimento e aprendizagem estão intimamente conectados. Só há desenvolvimento do estudante se realmente houver aprendizagem, considerando que a aprendizagem cognitiva é produto do conteúdo a ser preenchido pelo estudante pelas relações que transcorrem ao longo do desenvolvimento da educação e ensino.

A aprendizagem inicia-se muito antes de se ingressar na escola, de forma não organizada, assistemática.

Conduzir a aprendizagem, na perspectiva histórica cultural significa propiciar e intensificar a construção do conhecimento. “Significa estar consciente de que não se transmite conhecimento” (MEIER; GARCIA, 2007, p. 71). Assim, o professor precisa atuar intencionalmente entre o objeto de conhecimento e o estudante, de forma a modificar e transformar os estímulos voluntários desse objeto, a fim de que o mediado construa sua própria aprendizagem.

A concepção da mediação como possibilitadora da construção pessoal do conhecimento, deve trazer consigo algumas mudanças na ação do professor. Posturas não mediadoras precisam ser revistas, integradas e contextualizadas. Há que se promoverem transformações no trabalho docente, que garantam a mediação da aprendizagem como opção consciente de ação pedagógica ou, por que não dizer, andragógica. O fator de “construção” como parte integrante e integradora do conceito de mediação da aprendizagem é um passo necessário nesse caminho. (MEIER; GARCIA, 2007, p. 72)

Nesta perspectiva, cabe ao professor, como adulto que supostamente elabora conceitos socialmente legitimados, conduzir os processos de elaborações dos estudantes e acompanhá-los o curso do seu desenvolvimento cognitivo, de forma a ouvir suas elaborações e colocá-las em termos das possibilidades lógicas da representação. Os conceitos não se ensinam. O que se pode fazer é criar situações para que os estudantes possa formulá-las, situações as quais possibilitem atuar diretamente sobre os objetos de conhecimento e, através de sua própria ação cognitiva, introduzir as relações de análise e de divulgação.

1.3 A perspectiva lógico-histórica no ensino da Física

Ao analisar a História da Física percebe-se que os conceitos Físicos surgiram em diferentes épocas e foram pensados por diferentes grupos sociais, a partir de necessidades práticas ou culturais ou ainda devido a

curiosidade humana, e com passar do tempo, com a seu desenvolvimento, foram sofrendo modificações. Portanto, todos os conceitos têm uma história, a história da sua formação.

Esses conceitos não nascem prontos, estruturados e muito menos formalizados. Existe por trás desta história um desenvolvimento lógico ao longo do qual esses conceitos foram se concretizando, e dessa maneira, formando os conhecimentos adquiridos pela humanidade até então.

Sousa (2004) nos afirma que não há como separar o desenvolvimento lógico do histórico de um conceito, uma vez que eles evoluem juntos e interdependentes. A esse movimento de elaboração dos conceitos, através do raciocínio, denomina-se de lógico-histórico do conceito.

Entender o lógico-histórico da vida significa entender a relação existente entre a mutabilidade e a imutabilidade das coisas, a relatividade existente entre o pensamento humano e a realidade da vida, bem como compreender que tanto o lógico como o histórico da vida estão inseridos na lei universal, que é o movimento. (SOUSA, 2004, p. 52)

Ao perceber esse desenvolvimento lógico-histórico, é possível comparar a apropriação de um conceito ao seu movimento de constituir-se teoricamente. Esse encadeamento não se dá de forma simples, pois surge aí um caminho em que se pode encontrar os incômodos, dúvidas, incertezas e impasses. Isto encoraja uma busca pelo desenvolvimento dos conceitos em resposta às angústias, proporcionando assim, que hajam novas proposições à cerca da realidade objetiva, fazendo com que os conceitos sejam adaptados, (re)elaborados, estruturados para que se possa assim obter uma efetiva apropriação teórica.

Muitas vezes, algumas dificuldades apresentadas pelos estudantes, em relação ao entendimento de alguns conceitos, acontecem devido à conjuntura de que existe um vazio entre as formas de pensamento, isto é, entre o pensamento empírico discursivo e o teórico. O pensamento empírico considera os aspectos externos do objeto estudado. Ele compara, classifica,

registra objetos e fenômenos por meio da imagem. Trata-se de uma forma de pensamento em que o sujeito traz consigo a experiência de vida “é o movimento das formas de atividade da sociedade historicamente constituídas e apropriadas por aquele” (DAVYDOV, 1982, p. 279).

Já o pensamento teórico contém os nexos internos, o movimento lógico-histórico do objeto estudado, no qual se mostram as leis de seu movimento em um processo de análise, ou seja, em uma linguagem científica. Assim, os conceitos são apresentados já na forma teórica e os estudantes não conseguem compreender o que o professor está ensinando.

Kopnin (1978), relaciona o histórico ao lógico, defendendo que esse par expressa as leis do movimento do pensamento, caracterizando-o do seguinte modo:

Por histórico subentende-se o processo de mudança do objeto, as etapas de seu surgimento e desenvolvimento. O histórico atua como objeto do pensamento, o reflexo do histórico, como conteúdo. O pensamento visa à reprodução do processo histórico real em toda a sua objetividade, complexidade e contrariedade. O lógico é o meio através do qual o pensamento realiza essa tarefa, mas é o reflexo do histórico em forma teórica, vale dizer, é a reprodução da essência do objeto e da história do seu desenvolvimento no sistema de abstrações. (p. 183-184)

Na abordagem lógico-histórica o enfoque histórico, é compreendido como processo de desenvolvimento do objeto. Segundo Moretti (2007, p. 98) “o aspecto histórico assim entendido revela elementos essenciais para o conhecimento do objeto”, entendendo-se que, quando o raciocínio humano se apropria desses elementos, tem-se a organização do lógico.

Neste sentido, a definição do lógico-histórico é o elo entre a história da Física discursiva (falada, empírica) e o pensamento teórico (Científico). Por isso se revela interessante ao conhecimento da Física, pois a unidade lógico-histórico manifesta o desenvolvimento dos conceitos associada ao histórico, a sua essência. Esta percepção pedagógica do conhecimento

possibilita uma aproximação mais efetiva do sujeito com os conceitos (ROSA; MORAES; CEDRO, 2010).

O objetivo nesta perspectiva é ir além do contar histórias a respeito da formação de um determinado conceito. O ensino organizado sob essa ótica envolve o sentido da existência do conceito e o modo como se deu a sua origem e o desenvolvimento das ideias, o que implica considerar que a origem do conhecimento ocorreu por uma necessidade humana ou curiosidade. Isto

permite estabelecer uma dinâmica em que o agrupamento é tomado no sentido da união de indivíduos que executam suas ações, no sentido de cumprir determinado objetivo proposto para o grupo (MOISÉS, 1999, p. 102).

Essa compreensão nos dá condições de trabalhar fundamentados no Lógico-Histórico e na fluência específica do pensamento flexível, de forma a permitir que os sujeitos envolvidos nesta pesquisa, construam a noção de movimento, força e inércia, tomando-as como alicerces para a uma apropriação conceitual das Leis de Newton.

O pensamento empírico se expressa pela categoria de existência a qual não restringe o desenvolvimento da percepção e abstração do conceito como pertencente a um tipo privado de conceito, mas semelhante de qualquer forma de conhecimento, ou seja, o que se descreve no pensamento empírico não são os níveis de pensamento do estudante, mas o que ele traz consigo como base de vida. O pensamento empírico se evidencia por uma relação cotidiana através dos nexos internos, que faz o uso da realidade.

Davydov julga que “o esquema lógico formal integrador do conceito afeta a generalização e abstração quando formado só de propriedades extrínsecas observáveis, sensorialmente dadas de objetos singulares” (DAVYDOV, 1988, p. 68).

O desenvolvimento do pensamento empírico, de acordo com Davydov (1988) não beneficia aos estudantes o desenvolvimento de outro

tipo de pensamento. Portanto, muitos estudantes compreendem com dificuldade os conhecimentos.

O ensino escolar deve ser conduzido para desenvolver com os estudantes o pensamento teórico. Os pensamentos empíricos e teóricos são expressões do processo de construção do conhecimento às quais denominamos de empíricas ou teóricas segundo o grau de conhecimento que elas exibem. O desenvolvimento do pensamento teórico está associado à apropriação de conhecimentos científicos, que são constituídos nas atividades realizadas dentro de um processo de gestação histórico estabelecido pelas necessidades histórico-culturais das civilizações de que são provenientes.

A estrutura do pensamento teórico baseia-se em um procedimento no qual o homem enfoca no entendimento dos fenômenos da natureza e dos acontecimentos por via da análise e das condições em sua gênese e processo, que mostra a importância da história do conhecimento que é trabalhado na escola. O movimento histórico de constituição do conhecimento científico mostra o modo de se pensar e a necessidade sociocultural pela qual ele é desenvolvido.

De acordo com Kopnin (1978, *apud* SOUSA, 2004, p. 61) “a passagem do nível empírico ao teórico não é uma simples transferência de conhecimento da linguagem cotidiana para a científica, mas uma mudança de conteúdo e forma do conhecimento”.

“Enquanto o pensamento empírico compara, classifica, cataloga objetos e fenômenos por meio de abstrações dos seus aspectos externos, o pensamento teórico revela suas leis de movimento, no processo de análise de suas relações no sistema integral” (DAVÍDOV, 1982, p. 154).

Assim, o pensamento flexível é o elo entre as outras duas formas de pensamento, o empírico e o teórico, pois ele preenche um vazio conceitual que existe entre eles é a ligação entre as formas de pensamento empírico e flexível, que contém o Lógico-Histórico do movimento do pensamento na busca insistente pela verdade (SOUSA, 2004).

De acordo com Sousa (2004, p. 28-29)

O pensamento flexível contém o lógico-histórico do movimento do pensamento na busca incansável da verdade. Contém conceito, juízo e dedução. Contém a dúvida, a hesitação, a incerteza e o dilema. Não é organizado formalmente quanto o pensamento teórico nem tão sensorial quanto o pensamento empírico-discursivo, por isso, se constitui elo (...) entre ambos. Abrange a totalidade do conceito porque permite-nos (re) conceituar e usar o conceito para interpretar a realidade.

No entendimento de Sousa (2004), não se pode considerar apenas as partes formais dos pensamentos empírico-discursivo e teórico, mas é necessário levar em conta todo o processo de desenvolvimento lógico-histórico do movimento do pensamento, do movimento elaborado nas abstrações desta trajetória, no processo dialético de formar-se teórico, uma vez que o conhecimento científico é instável.

Deste modo, o pensamento flexível contém esta fluência lógico-histórica em que se baseiam os conceitos, comporta a lógica, a história, as abstrações, as formalizações do pensamento humano.

No pensamento flexível aparecem as dúvidas e incertezas, o impasse, a busca pela construção e entendimento do conceito. O pensamento flexível comporta o que Sousa (2004) denomina de nexos internos do conceito ou simplesmente nexos conceituais.

1.4 Nexos conceituais

Para Sousa (2004, p. 61) “os nexos conceituais que fundamentam os conceitos, contém a lógica, a história, as abstrações, as formalizações do pensar humano no processo de constituir-se humano pelo conhecimento”.

Os nexos conceituais observam os aspectos mais internos do conceito, é a sustentação fundamentadora dos conceitos que foram-se

desenvolvendo em um trajeto histórico e sob um desencadeamento lógico até chegar a uma definição formal.

Os nexos conceituais podem ser compreendidos como os elementos que constituem a rede de ideias atuantes nas formas de pensar um conceito, que não coincidem, necessariamente, com as diferentes linguagens do conceito.

De acordo com Cunha (2008, p. 6):

os nexos conceituais são por sua vez caracterizados por nexos internos e externos ao conceito. Os nexos internos do conceito são históricos, envolvem o contexto social, político e o econômico que lhe deram origem. Os nexos externos do conceito, por sua vez, estão relacionados à sua representação, à linguagem formal do conceito.

Os nexos internos do conceito estimulam mais o desenvolvimento da aprendizagem do que os nexos externos.

Sousa (2004, p. 61) diz que “os nexos externos não deixam de ser uma linguagem de comunicação do conceito apresentada em seu estado formal, mas que não necessariamente denotam sua história.

A autora alerta que os nexos externos “dão pouca mobilidade ao sujeito para se apropriar do conceito” e que

ensinar a partir dos nexos externos, traz resultados parciais ao aluno. Os prejuízos podem ser comprovados não só na falta da subjetividade do sujeito como também na formação do pensamento teórico. O pensamento teórico generaliza o conceito. (SOUSA, 2004, p. 62)

Ao analisar um conceito, não se pode imaginá-lo apenas na presença física do objeto, em que a essência do conceito não está em poder controlar o objeto, mas sim, na concepção daquilo que ele traz consigo, dos aspectos internos próprios a ele, ou seja, os seus nexos conceituais.

Ao compreender a perspectiva lógico-histórica e a noção de nexo conceitual, o próximo passo é construir uma compreensão do objeto em investigação neste trabalho, as Atividades Orientadoras de Ensino – fundamentado em Moura (2001) e Moura et al (2010).

1.5 Atividades orientadoras de ensino (AOE)

A experiência docente vivenciada nas aulas de Física, no contexto de uma escola em um Sistema Prisional, motivou a busca por alternativas didático-pedagógicas desenvolvidas pela compreensão mais conceitual da Física.

A busca por novas metodologias que possam contribuir para o ensino e aprendizagem da Física tem sido o objetivo de muitos pesquisadores no campo da Educação e do ensino de Física. Apesar de todos os esforços feitos neste sentido, quando se trata da prática em sala de aula, verifica-se na postura de alguns professores a insistência em ensinar a física de forma mais tradicional, ou seja, matematizada, na qual alguns estudantes não se apropriam do conhecimento de forma significativa. A parte de cálculo é importante para o ensino de física, mas isso leva os estudantes a se sentirem desmotivados quando o enfoque é apenas no aspecto procedimental da matemática, em detrimento da abordagem conceitual da Física.

Ao ensinar Física a partir das práticas mais tradicionais, o estudante pode ser levado a concebê-la com a tonalidade de uma ciência estática, como um conjunto de conhecimentos prontos e acabados, não passíveis de serem discutidos de forma que possam se apropriar de seus conceitos.

Então, ao estudar a Física, um conceito só fica bem ancorado quando se compreende o seu significado. Portanto, compreender o seu processo de construção, a partir da necessidade ou curiosidade pela qual se deu o seu aparecimento e os elementos que são a base dos conceitos, pode atribuir mais sentido aos estudantes.

Durante as aulas de Física ministradas pelo autor desta dissertação é frequente os estudantes relatarem que há uma dissociação da Física com sua vida social, onde não se vê sentido na aplicação desses conceitos.

O que se percebe ao estudar as três leis de Newton por meio dos livros didáticos adotados nas escolas é um ensino pronto, acabado, estático. Geralmente, o ensino e a aprendizagem das Leis de Newton ocorrem de uma maneira mecânica, simplesmente calculando força através da massa, por exemplo, sem que isso tenha muito significado para o estudante.

Os estudantes deveriam se sentir como agentes de todo o processo. De acordo com Moura (2001, p. 155), “a atividade orientadora de ensino se estrutura de modo a permitir que sujeitos interajam mediados por um conteúdo, negociando significados, com o objetivo de solucionar coletivamente uma situação problema”. Ainda segundo este autor, a atividade é orientadora porque “define os elementos essenciais da ação educativa e respeita a dinâmica das interações que nem sempre chegam a resultados esperados pelo professor” (p. 155).

A presença do professor, segundo Moura et al (2010), também é de grande relevância, pois ao se colocar em atividade, ele:

continua se apropriando de conhecimentos teóricos que lhe permitem organizar ações que possibilitem ao estudante a apropriação de conhecimentos teóricos explicativos da realidade e o desenvolvimento do seu pensamento teórico, ou seja, ações que promovam a atividade de aprendizagem de seus alunos. (MOURA, 2010, p. 214-215).

O autor insiste nessa questão dizendo que tais ações do professor “na organização do ensino concorrem para que a aprendizagem também ocorra de forma sistemática, intencional e organizada” (MOURA et al, 2010, p. 215).

O professor assume um papel fundamental como mediador da associação dos estudantes com o objeto do conhecimento.

A intencionalidade do professor é algo primordial em uma AOE e, como em Rezende (2010), a nossa foi a de provocar nos estudantes a necessidade da exploração conceitual, nomeado pelo autor de “incômodos”.

Conforme Rezende (2010, p. 29), “os sujeitos incomodados pelas situações-problemas geradas nas atividades buscam recursos e levantam

hipóteses, expondo-as no ambiente de discussão gerado durante o trabalho, na tentativa de sanar a situação-problema”. Este autor mostra a importância de se criar um ambiente de aprendizagem que favoreça os estudantes a se colocarem em atividade na sala de aula.

De acordo com o Moura (2001), um ponto muito considerável da atividade de ensino é:

a definição do objeto de ensino, que deverá se transformar em objeto de aprendizagem, pois nem todo objeto de ensino é de aprendizagem. É isso que queremos dizer, pois para ser objeto de aprendizagem é necessário que seja uma necessidade dos sujeitos que aprendem. É por isso que dizemos que a elaboração da atividade implica uma atenção especial aos sujeitos que deverão aprender. (p. 157)

Ao propor aos estudantes uma atividade ou uma sequência de atividades, é preciso ficar atento a esses fatores, para que, aquilo que se propõe como uma atividade orientadora de ensino não seja encarada pelos estudantes apenas como uma obrigação, como uma tarefa.

Com Moura (2000, p. 35) compreende-se que há uma distinção entre tarefa e atividade.

a atividade, [...], é do sujeito, é problema, desencadeia uma busca de solução, permite um avanço do conhecimento desse sujeito por meio do processo de análise e síntese e lhe permite desenvolver a capacidade de lidar com outros conhecimentos a partir dos conhecimentos que vai adquirindo à medida que desenvolve a sua capacidade de resolver problemas.

O objetivo do professor é conduzir o estudante a dar forma teórica à solução de um problema em uma situação de aprendizagem, que é encarada como um problema de aprendizagem (CEDRO, 2004).

A situação-problema consiste no entendimento de que a “[...] estrutura da atividade orientadora é a da própria gênese do conceito: o problema desencadeador, a busca de ferramentas intelectuais para solucioná-lo, surgimento das primeiras soluções e a busca de otimização destas soluções” (MOURA, 1992, p. 68).

Na AOE está em jogo a necessidade do professor que é a de ensinar e a do estudante que é aprender (MOURA, 2010). O que é objetivado na AOE é o processo do psiquismo do sujeito que está em atividade de aprendizagem.

Na AOE, ambos, professor e aluno, são sujeitos em atividade e como sujeitos se constituem como indivíduos portadores de conhecimentos, valores e afetividade que estarão presentes no modo como realizarão as ações que têm por objetivo um conhecimento de qualidade nova. Tomar consciência de que sujeitos em atividade são indivíduos é primordial para considerar a AOE como um processo de aproximação constante do objeto: o conhecimento de qualidade nova. A atividade, assim, só pode ser orientadora. Nesse sentido, a AOE toma a dimensão de mediação ao se constituir como um modo de realização de ensino e de aprendizagem dos sujeitos que, ao agirem num espaço de aprendizagem, se modificam e assim também se constituirão em sujeitos de qualidade nova (MOURA, 2010, p. 218).

Dessa maneira, as ações do professor devem ser organizadas de forma a permitir aos estudantes a apropriação dos conhecimentos e das experiências histórico-culturais da humanidade.

As características da AOE (necessidades, motivos, ações, operações) proporcionam que ela seja elemento de ligação entre a atividade de ensino e a atividade de aprendizagem. Segundo Moura (2010, p. 220), “a atividade de ensino e a atividade de aprendizagem só podem ser separadas para fins de explicação didática, entretanto, o motivo de ambas deve coincidir para que sejam concretizadas”.

Nessa perspectiva, a AOE fundamenta-se em um modo geral de organização do ensino, em que seu contexto principal é o conhecimento teórico e seu objeto é a formação do pensamento teórico do indivíduo no movimento de apropriação do conhecimento. O professor, ao planejar as ações que objetivam o ensinar, também requalifica seus conhecimentos, e é esse desenvolvimento que caracteriza a AOE como unidade de formação do professor e do estudante (MOURA, 1996, 2001).

Na AOE a solução da situação problema pelos estudantes deve ser trabalhada na coletividade. Garantir que a atividade de aprendizagem dos estudantes se dê prioritariamente dentro de um coletivo, busca concretizar o princípio ou lei de formação das funções psíquicas superiores criado pela teoria histórico-cultural em acordo com o que indica Vygotsky (1997, p. 219) ao afirmar que:

portanto, se pergunta de onde nascem, como se formam, de que modo se desenvolvem os processos superiores do pensamento infantil, devemos responder que surgem no processo de desenvolvimento social da criança, por meio da translação a si mesma de formas de colaboração que a criança assimila durante a interação com o meio social que a rodeia. Vemos que as formas coletivas de colaboração precedem às formas individuais da conduta, que crescem sobre a base das mesmas e constituem suas progenitoras diretas e as fontes de sua origem.

Dessa forma, proporcionar que os estudantes trabalhem dessa maneira é importante, pois têm a possibilidade de refletir, discutir entre si, elaborar ideias e tentar tirar as suas conclusões.

Quando se propõe o trabalho com as AOE, a partir da perspectiva lógico-histórica, explorando os nexos conceituais das leis de Newton, não significa que se deve, necessariamente, retratar exatamente a sua história de surgimento e formação na atividade. Concorda-se com Sousa (2004) que essa busca consiste em permitir aos estudantes entenderem como se deu o movimento do pensamento e como se chegou à formalização teórica dos conceitos, posicionando-os em situações que os permitam formular novas formas de pensamento para a estruturação do conceito, de forma semelhante à sua história.

A intenção com AOE é propiciar aos sujeitos da pesquisa um caminho para elaborar formas de pensamento que os permitam estabelecer relações, compreender e utilizar os elementos que sustentam os conceitos Físicos, ou seja, os nexos conceituais. Em especial no ensino de Física, por meio das AOE, ao apresentar uma proposta pedagógica de ensino a partir de

situações problemas através da necessidade histórica do conceito, se permite aos estudantes interagirem com o objetivo de produzir uma resposta de forma coletiva a sua solução. Entendemos que os sujeitos envolvidos estarão em um processo de ensino e aprendizagem.

CAPÍTULO II

“Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes.” Isaac Newton

O DESENVOLVIMENTO LÓGICO-HISTÓRICO DAS LEIS DE NEWTON

Compreender como os objetos se movem ou o motivo de seu movimento era um assunto que incomodava o ser humano desde a antiguidade. Para se chegar ao conceito de movimento como descrito pela mecânica newtoniana e pela Teoria da Relatividade de Einstein, várias teorias e paradigmas² foram surgindo ao longo da História.

As teorias que se apresentaram ao longo da história, muitas vezes eram direcionadas a uma visão de um mundo e de um Universo limitadas pelos conhecimentos que os filósofos e cientistas dispunham à época. As justificativas apresentadas para os movimentos e suas causas tinham um encadeamento filosófico e religioso, os quais não eram desvinculados (desligado) das crenças.

2.1 O caminho de Aristóteles

Aristóteles, um filósofo grego nascido por volta de 384 a.C., em um território grego da Macedônia, foi um dos grandes pensadores cujas teorias compreenderam áreas como Astronomia, Física, Lógica, Geometria, Biologia e Filosofia, e que desempenhou um grande papel, tanto no pensamento grego quanto na Europa Ocidental.

Os trabalhos desenvolvidos por Aristóteles eram filosóficos, ou seja, justificavam os fenômenos sem usar experimentos quantitativos. A explicação estaria pautada em sua argumentação, construída a partir das

² Compreende-se paradigma na perspectiva de Thomas Khun.

observações dos fenômenos naturais. O seu paradigma cosmológico consistia em decompor o universo em dois mundos: o “supralunar”, que compreende tudo acima da Lua e o “sublunar”, compreendendo tudo abaixo da Lua, a Terra aí incluída.

Segundo Aristóteles, os movimentos dos corpos que ocupam o mundo supralunar são movimentos circulares e uniformes, considerados perfeitos. Os movimentos dos corpos que se localizam no mundo sublunar interagem com a natureza dos corpos materiais e podem ser classificados em dois tipos de movimento: o movimento natural e o movimento forçado ou violento.

O movimento natural acontece de acordo com a natureza dos corpos, vertical para baixo no caso dos corpos pesados e verticais para cima caso o corpo seja leve.

O movimento violento ou não natural dos corpos, de acordo com Aristóteles, acontece através da ação de forças em contato com o corpo. Essa noção de força como sendo a causa do movimento não natural, foi explorada por Aristóteles e pode ser considerada a principal ideia presente na Física Aristotélica.

De acordo com Aristóteles, a força não pode ser separada da ação de puxar ou empurrar, então a ação desta força não pode ser dissociada do elemento que a produz.

Pensando desta forma, ao cessar a força, cessa-se o movimento do corpo. Em uma linguagem matemática moderna, podemos traduzir a lei aristotélica de movimento pela equação:

$$V \propto \frac{F}{R} \quad (1)$$

Em que V é a velocidade do corpo, F é a força que atua sobre ele e R é a resistência que o meio interpõe ao movimento.

- No movimento natural, F é o peso.
- No movimento violento, F é a força motriz.
- No vácuo, $R = 0$, como $V \rightarrow \infty$, o movimento não pode existir no vácuo, ou seja, o vácuo é uma impossibilidade para Aristóteles.

Uma situação que gerava uma maior discussão na física de Aristóteles era a maneira como ele explicava o movimento de uma flecha. A questão era a seguinte: O que sustenta o movimento da flecha após ela deixar o contato com a corda do arco?

Segundo Aristóteles, o movimento acontecia da seguinte maneira: “Ao se mover, a flecha ocupa um espaço que antes era ocupado pelo ar. A quantidade de ar que aí estava se movimenta para ocupar o vazio deixado pela flecha na parte traseira, o que a impulsiona”. (SOUZA CRUZ, F. F., 1985, p. 70).

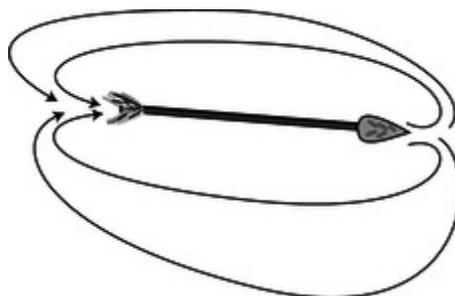


Figura 1 Movimento da Flecha
Fonte: Site Light and Matter³

De acordo com o pensamento de Aristóteles, o ar é o responsável pela sustentação do corpo em movimento. Para justificar a resistência do meio, Aristóteles afirma que o processo de reocupação do vazio deixado pela flecha não é perfeito, e isto faz com que o movimento da flecha vá perdendo força e parando, justificando que o movimento é finito em extensão.

De acordo então com o pensamento Aristotélico, todo movimento ocorreria somente na presença de resistência de um dado meio, caso

³ <https://detalesanewton.wordpress.com/2014/02/28/la-flecha-de-aristoteles-y-el-organo-sensorial-de-dios/>

contrário não haveria perdas e o corpo teria uma velocidade infinita, uma impossibilidade para Aristóteles.

Percebe-se desta forma a presença de um dos nexos conceituais para a Mecânica Newtoniana, a força que, de acordo com Aristóteles, para que haja movimento de um corpo seria necessário a presença de uma força responsável por este movimento, caso contrário este corpo permaneceria em repouso.

Esta forma de pensamento continua presente nas pessoas, nos dias atuais, principalmente naquelas que nunca estudaram física. Isto ocorre, pois faz parte do senso comum, ou seja, relacionar força com velocidade, visto que as observações dos fenômenos naturais mostra esse tipo de comportamento. Ao empurrar um objeto sobre uma superfície lisa, ele diminuirá a sua velocidade até parar.

A explicação aristotélica para o movimento da flecha criou um paradoxo: o meio fortalece e resiste ao mesmo tempo ao movimento. Este paradoxo provocou algumas críticas, como nos explica Neves (2005, p. 166):

[..] Aristóteles teve seus críticos, especialmente Hiparco, que acreditava em uma força impressa que passava do motor ao movente e que diminuía, enquanto o corpo se deslocava através de um meio dissipativo. Era uma espécie de impulso, ímpetus interno, uma noção absolutamente nova e que foi redescoberta, independentemente (acredita-se), no sexto século depois de Cristo, por Philoponus, e no século XIV, por Buridan.

Não concordando com a ideia de Aristóteles, o filósofo Johannes Philoponus (475 d.C. - 565 d.C.), diz que o meio realiza apenas um papel resistivo. Portanto, ele resgata a noção de força impressa para demonstrar este tipo de movimento.

A velocidade, então, seria proporcional à diferença entre a força motriz aplicada e a força resistiva do meio (BAPTISTA; FERRACIOLI, 1999; NEVES, 2005). Apesar de que ainda haja a necessidade de uma força

para o corpo se movimentar, cria-se uma perspectiva de um movimento no vácuo. Esse entendimento na linguagem matemática atual seria:

$$V \propto (F - R) \quad (2)^4$$

Esta força aplicada não é de natureza perdurável, desaparecendo sucessivamente, inclusive no vácuo. O motivo desta diminuição se dá pela presença da resistência do meio e da resistência ao movimento violento do corpo pesado, que orientar-se em busca de seu lugar natural, na visão aristotélica.

Desta forma, Philoponus continua sustentando um pensamento anti-inercial. Jean Buridan (1300-1358), no século XIV, reassume com maior proporção a teoria do ímpetus, embora desconhecesse o oculto à ideia original de Johannes Philoponus.

Entretanto, “Como cosmologia e mecânica estão intimamente ligadas, a revolução de uma acarreta obrigatoriamente a da outra” (ROSMORDUC, 1985, p. 79). Isto fez com que a outra grande presença para o desenvolvimento da mecânica aparecesse no novo sistema astronômico proposto por Copérnico.

2.2 Claudius Ptolomeu

Claudius Ptolomeu viveu na Grécia, por volta do século II d.C entre o ano de 85-165 d.C. Em sua obra, apresentou uma explicação detalhada dos movimentos do Sol e da lua, ainda fazendo uma previsão de eclipses.

Para explicar este movimento, Ptolomeu utilizou de um modelo fundamentado nos epiciclos, cabe lembrar que a ideia de epiciclos já tinha sido enunciado antes por Hiparco, mas foi Ptolomeu quem a aprimorou.

⁴ Na equação (2): V é a Velocidade do corpo; F é a Força de seu deslocamento; e R é Resistência do meio.

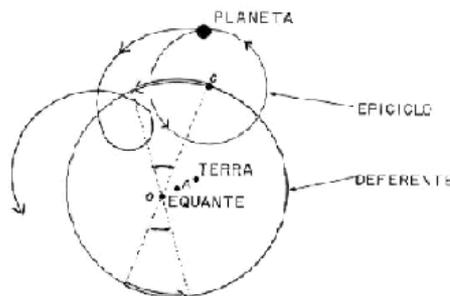


Figura 2 Movimento em epiciclos

Fonte: <http://www.ghc.usp.br/server/Sites-HF/Jose-Tarcisio-Costa/ptolomeu.htm>

De acordo com Ptolomeu, os planetas, bem como a Lua e o Sol se movimentavam em torno dos epiciclos, onde se moviam em movimento circular uniforme em um círculo maior, chamado de deferente.

O ponto central do deferente não era a Terra, mas um ponto simétrico entre a Terra e o equante. Este era o ponto que Ptolomeu considerava o movimento circular como uniforme, ou seja, um universo finito.

Conforme Ponczek, (2002, p.69), “o que Ptolomeu conseguiu, em linguagem atual, foi atribuir órbitas elípticas aos planetas, sem contudo deixar de usar o círculo como figura básica.”

O epiciclo foi colocado para justificar o movimento retrógrado de alguns planetas a partir do referencial da Terra. No pensamento de Ptolomeu a Terra não é o centro do modelo, isto porque o seu centro não está no deferente. Ao fazer esta afirmação Ptolomeu recebeu várias críticas por ser uma ideia contrário as ideias dos platônicos e aristotélicos.

2.3 Copérnico, Giordano Bruno, Galileu e outros

Copérnico defendia que a Terra efetuava uma revolução em torno do Sol, como qualquer outro planeta, desafiando a física aristotélica. Utilizando os epiciclos, o seu sistema astronômico era capaz de antecipar as posições dos planetas tão pontualmente quanto o de Ptolomeu, com a vantagem de ter

uma explicação mais compreensível para o movimento retrógrado dos planetas.

O movimento da Terra, tanto o de rotação como o de translação, era incoerente com a teoria aristotélica do movimento natural e violento dos corpos. Além do mais, haviam algumas evidências empíricas inexplicáveis à luz da teoria do globo móvel.

O trabalho de Copérnico não era simples, pois ele precisava provar que a filosofia gloriosa de Aristóteles estava errada. Então, Copérnico fez algumas alterações na teoria de movimento natural de Aristóteles. Segundo ele “[...] se os graves vão para o centro da Terra, não é que se dirijam para o centro do Universo; é simplesmente por que querem retornar para a Terra onde se encontram os seus semelhantes, os outros graves; e isto acontecerá qualquer que seja o lugar da Terra no Universo” (LUCIE, 1977, p. 116).

Esta não foi à única alteração que Copérnico fez para justificar o motivo pelos quais os objetos lançados verticalmente para cima insistem em cair no mesmo lugar de que foi lançado.

Copérnico acreditava que o ar, de alguma maneira, está associado a Terra, obrigando os corpos que estão a sua volta a compartilhar de seus movimentos. Percebe-se que mesmo Copérnico não conceituando o atrito e não dizendo que o movimento pode acontecer no vácuo, isto nos dá a ideia de um movimento uniforme, ou seja, um nexo conceitual de inércia.

Segundo Martins (1986, p.74), “[...] não há em Copérnico a ideia de um movimento por inércia, mas algum tipo de acompanhamento de um movimento natural”.

Giordano Bruno, outro filósofo que acreditava em um modelo heliocêntrico, avançou mais que Copérnico no sentido da inércia, mesmo não entendendo muito bem este sentido.

Diferentemente de Aristóteles, admitia que a pedra ao ser abandonada em um navio em movimento cairia em linha reta logo abaixo do ponto em que foi solta, por receber uma “virtude impressa”, e não por ser atraída pelo ar. Verifica-se o nexo conceitual da inércia proposto por

Giordano Bruno. Estes e outros argumentos físicos a favor de sua teoria, só viriam a ser desenvolvidos por Galileu e por Newton, após a morte de Copérnico.

Assim, com as primeiras ideias de Giordano Bruno, Galileu por acreditar em seu pensamento sobre a queda dos corpos, teve que justificar o comportamento dos graves (corpos pesados) na Terra móvel, que parecem cair do mesmo modo que cairiam se a Terra estivesse em repouso e apresentar novos princípios para o movimento dos graves em geral.

As primeiras considerações de Galileu sobre os argumentos opostos e a favor do movimento da Terra, de acordo com Martins (1986), foram registradas ao longo do livro *Discurso contra o movimento da Terra*, de Ludovico delle Colombe, datado em 1610, que se encontrava em sua biblioteca pessoal.

Neste livro, Ludovico reforça as considerações de Aristóteles e Ptolomeu e anexa outra utilizada por Tycho Brahe (1546 - 1601). Após contestar os argumentos expostos por Ludovico, Galileu pensa em outra experiência envolvendo um navio em movimento:

Estando um barco parado, coloque-se uma superfície plana em equilíbrio, como, por exemplo, um espelho, e acima dele, em repouso, uma bola perfeitamente redonda; ver-se-á sobre o mesmo espelho a mesma bola ficar parada, apesar de o barco mover-se velozmente; argumento claro de que o ímpeto recebido pela bola daquele que a coloca, que está no barco quando ele se move muito velozmente, não se aniquila ou diminui; pois, se fosse diminuindo, a bola, depois de ser colocada sobre o espelho, começaria a correr ao contrário do movimento do barco, se não houvesse algum propulsor que a empurrasse e obrigasse a seguir o movimento do barco (...) Mas essa bola correria para trás, se aquele que a coloca [sobre o espelho] estivesse fora do barco e, quando passasse diante dele, colocasse a bola sobre o espelho; sem dúvida alguma ela correria contra o movimento do barco (GALILEU apud MARTINS, 1986, p. 78).

Este experimento é muito parecido com o exposto por Giordano Bruno. Ambos pensavam que duas pessoas em sistemas referenciais

diferentes, um em movimento e outro parado, veriam de forma diferente o estado de movimento da bola. Ambos atribuem o repouso da bola, em referência ao barco, ao ímpeto (ou virtude impressa) obtido pela bola por aquele que a deixa, quer dizer, a velocidade relativa entre a bola e o barco é nula.

Explicação equivalente foi dada por Oresme e Copérnico, o que mostra que as ideias de Galileu sobre a inércia ainda não estão completamente elaborada. Quando a observação limita-se ao movimento local (dentro de um navio, por exemplo), a sua racionalidade aplica-se, adequadamente, a noção de inércia. Mas, ao exceder para a Terra, “[...] ele acabava recaindo em raciocínios aristotélicos sobre movimentos circulares naturais e dava importância a efeitos produzidos pelo arrastamento do ar, que não são centrais” (MARTINS, 1986, p. 79).

Conforme a experiência do navio, Galileu anuncia que esta não era capaz de comprovar quanto à inércia ou não da Terra. Critica os aristotélicos no que se refere a confirmação de uma Terra estática, sem jamais terem realizados tais experiências.

A discussão feita até o momento a respeito das ideias de Galileu em relação a mobilidade da Terra e, por extensão, sobre a perspectiva de um corpo permanecer em seu movimento sem a aplicação de uma força, estabelece a noção do estado de inércia de um corpo, o que ajuda a compreender nexos conceitual de Inércia.

Apesar de Galileu tentar se desprender das teorias aristotélicas, ele ainda não dispunha de uma teoria de gravitação sólida que pudesse completar o seu trabalho. Desta forma, ele admitia que os corpos tivessem a tendência de permanecer em repouso ou em movimento circular uniforme, considerado por ele como o movimento natural.

Portanto, ele não considerava um movimento retilíneo uniforme infinito, quando afirmava que um corpo não pode meramente afastar-se de um lugar, mas apenas mover-se em direção a um lugar. Caso um objeto estivesse em uma horizontal, distanciando-se do centro da Terra pela

tangente em algum ponto A, conforme mostrado na Figura 3, com o passar do tempo sua velocidade vai diminuindo. No caso B, por exemplo, por estar mais distante do centro da Terra do que em A, o objeto teria uma “inclinação” a descer de B para A, ou seja, cair em direção a Terra.

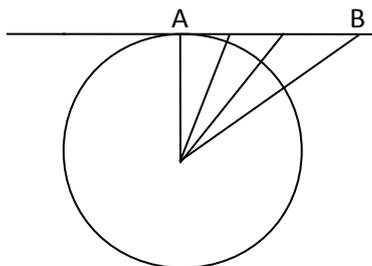


Figura 3 Movimento Circular de Galileu
Fonte: Adaptado de LUCIE (1977, p. 133).

Continuando com o raciocínio de Galileu, ao se atribuir um pequeno impulso a uma bola perfeitamente redonda, polida e rígida, sem qualquer bloqueio acidental ou externo, sobre uma superfície livre de qualquer alteração, centrada na Terra e rígida, esta permaneceria constantemente em movimento circular uniforme, onde não se afasta e nem se aproxima do centro. É o mesmo que acontece com um navio que se move em um mar calmo e também com a pedra que está no alto do mastro. Ao ser abandonada, a pedra segue o movimento circular uniforme do navio enquanto cai. Já que, estes dois movimentos não podem ser classificados como contrários.

Contrários aos movimentos seriam o de afastamento e aproximação do centro, o que não acontece neste caso.

Falta responder uma pergunta: Por que não somos jogados para fora da Terra, como acontece em um tablado em rotação? O esclarecimento de Galileu se localiza no Diálogo, no qual partia do princípio de que “[...] se um corpo em movimento circular se solta do vínculo que o mantém nesse movimento, é ao longo da tangente (e não do raio) que o corpo continuará a mover-se” (LUCIE, 1977, p. 137). A Figura 4 apresenta o caso de uma pedra girando na extremidade de uma corda.

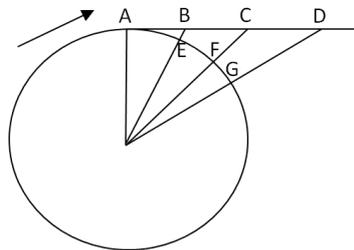


Figura 4 Movimento Circular de Galileu
 Fonte: Adaptado de LUCIE (1977, p. 137)

Segundo Galileu, diríamos que: se a corda quebra no instante em que a pedra passa por A, é ao longo da tangente que a pedra continua o seu movimento. O afastamento da pedra em relação à circunferência, muito pequeno no início (BE, por exemplo), cresce mais rapidamente que o espaço percorrido pela pedra.

Galileu contribuiu para o desenvolvimento da Mecânica e da própria ciência de acordo com as responsabilidades e limitações de seu tempo. Seu exemplo é muito importante para mostrar que na história da ciência não existem rupturas bruscas. Teorias como a de Aristóteles e Ptolomeu, não são excluídas sem um longo e profundo amadurecimento das ideias novas.

Apesar de todas as contribuições dos filósofos e cientistas anteriores para a mecânica aristotélica ser totalmente vencida, ainda haviam perguntas para as quais as respostas quantitativas não eram eficazes como, por exemplo, para as órbitas fechadas dos planetas (elípticas ou circulares) e também para a queda dos corpos. Newton constantemente será apontado por ter sido o cientista que conseguiu encaixar as peças deste grande quebra-cabeça. De acordo com Cohen (1988, p. 185):

A publicação dos *Principia* de Isaac Newton, em 1687, foi um dos acontecimentos mais notáveis de toda a história da física. Nessa obra encontramos o clímax de milhares de anos de esforços para compreender o sistema do mundo, os princípios da força e do movimento e a física dos corpos em movimento através de meios diferentes. É um testemunho significativo do gênio científico de Newton o facto de, embora a física dos *Principia* tenha sido alterada, aperfeiçoada, e até contestada, ainda solucionarmos hoje muitos problemas de mecânica celeste e de física dos corpos comuns

procedendo, no essencial, como Newton fez há cerca de 300 anos.

Escrever a história sobre todas as influências que a conduziu o seu desenvolvimento é uma tarefa gigantesca, e que se distancia do propósito desta pesquisa. É possível, entretanto, observar-se algumas perspectivas do caminho percorrido por Newton até a publicação dos Principia.

As investigações de Newton abordavam vários assuntos, sobre a natureza da matéria, a natureza da luz, a existência de átomos, a existência do vácuo, além de buscar uma explicação sobre alguns fenômenos tais como a coesão dos sólidos, a rarefação dos gases, o calor, o frio e a gravidade. Compreende-se em suas reflexões que ele “[...] oscilava entre várias hipóteses, dialogando mentalmente com autores conflitantes, como Descartes – que negava a possibilidade do vácuo e de átomos – e Boyle, um dos principais defensores da ‘filosofia corpuscular’ na Grã-Bretanha” (MARTINS, 1998, p. 80).

Entretanto, as suas primeiras ideias sobre a gravidade caminhavam para o lado cartesiano. Newton considerava que a gravidade poderia ser explicada por uma espécie de corrente de éter que viria do espaço em direção a Terra com uma enorme velocidade, impulsionando os corpos para baixo.

Ao fazer várias tentativas de achar uma explicação mecânica para a gravidade, Newton foi forçado a adotar o modelo de interação à distância. Entretanto, os modelos anteriores tinham uma agregação de problemas que ele não conseguia resolver. Segundo Martins (1998, p. 84):

Em qualquer hipótese mecânica da gravitação, o éter deveria preencher o espaço entre os planetas e deveria resistir ao movimento dos astros. No entanto, o movimento periódico e regular dos planetas, de seus satélites e dos cometas não mostrava nenhum sinal dessa resistência. [...] Além disso, a gravidade deveria poder ser influenciada por diversos fatores [...], mas esses efeitos pareciam não existir.

Newton inicia o texto levando em conta os termos quantidade, duração e espaço, que são muito familiares para poderem ser definidos por

outros nomes. Então, as quatro primeiras definições são sobre lugar, corpo, repouso e movimento.

Segundo Newton, lugar é a parte do espaço que um objeto preenche satisfatoriamente; corpo é a coisa que preenche um lugar; repouso é continuar no mesmo lugar e movimento é a alteração de lugar.

Já a definição de lugar para Descartes, é a superfície que envolve o corpo; corpo é a coisa que tem uma dimensão (altura, largura e profundidade); repouso é o oposto do movimento e movimento “[...] é o transporte de uma parte da matéria, ou de um corpo, da vizinhança daqueles que o tocam imediatamente, e que nós consideramos como em repouso na vizinhança de outros” (DESCARTES apud SAPUNARU, 2006, p. 70).

Newton acha uma contradição ao modificar o estado de movimento de um corpo sem a aplicação de uma força. “Este ponto é importante, pois nos mostra que o conceito de força está bem amadurecido para Newton, e, ainda, que ele não está simplesmente negando a teoria cartesiana. Ele está contrapondo à sua” (BARBATTI, 1997, p. 61).

Observa-se Newton modificando a forma de se enxergar como se compreendia a palavra força. Para Newton a força não é apenas aquilo que aparece na colisão entre os corpos, nem uma quantidade de movimento que é transferida através da colisão, ela é qualquer “coisa” que modifica o estado de movimento. No entanto, parece que ainda por volta de quinze anos antes da primeira edição do Principia, Newton não conceituava a força como uma interação entre dois corpos. Isso fica claro pela definição que ele dá para a gravidade:

Gravidade ou peso é uma força que existe em um corpo e que o impulsiona a ir para baixo. Todavia, com o termo “ir para baixo” não se entende aqui exclusivamente o movimento em direção ao centro da Terra, mas também em direção a qualquer ponto ou região, ou mesmo a partir de qualquer ponto (NEWTON, apud BARBATTI 1997.p.10).

Possivelmente esta seja a primeira vez que Newton tenta “explicar” a gravidade sem o uso do éter. Visto que, neste caso, ele fez apenas uma

intitulação sem se levar em conta a origem da gravidade, diferentemente das outras vezes. Aqui fica claro que, ao atribuir força a um corpo, Newton não mostra visualizar a interação que existe entre este corpo e a Terra.

Existem diversas controvérsias entre os críticos de Newton sobre a origem do seu conceito de força, alguns aceitam que se “[...] originou exclusivamente das investigações mecânicas de seu autor, outros o vinculam a outros campos distintos da mecânica, sobretudo à alquimia, que lidava com ‘atrações’, ‘princípios ativos’, ‘qualidades ocultas’ etc” (BARRA, 1994, p. 4).

Este conceito de força que Newton propôs é proporcional ao corpo a que pertence e em nada difere da inatividade da massa, exceto em nossa maneira de concebê-la.

Mas um corpo só exerce a força quando outra força, imprimindo-se sobre ele, esforça-se por alterar seu estado; e o exercício dessa força pode ser considerado tanto uma resistência quanto um impulso; é resistência na medida em que o corpo, para manter seu estado atual, opõe-se à força imprimida; e é impulso na medida em que o corpo, não cedendo facilmente à força imprimida por um outro, esforça-se por alterar o estado desse outro.

A primeira é o causador apenas da continuidade do estado de repouso ou do movimento retilíneo uniforme, enquanto que o ímpetus é o causador do movimento do objeto – quando ele cessar o objeto para.

Ao discutir esta definição, Newton (apud COHEN; WESTFALL, 2002, p. 279) dá a completar a teoria do ímpetus “essa força consiste apenas na ação e não mais permanece no corpo quando a ação encerra. Pois o corpo conserva qualquer novo estado que adquira, por sua simples inércia. Mas as forças imprimidas têm origens diferentes, provindo da percussão, da pressão ou da força centrípeta”.

A convicção de que um ímpetus se transfere do movente para o móvel foi desconsiderada. Em sua fala, vemos que Newton leva em conta que as origens de uma força impressa podem ser, tanto forças instantâneas (percussão) quanto contínuas (pressão e forças centrípetas).

Newton assegura que se os planetas giram em órbitas curvilíneas é por razão de existir uma força centrípeta, apesar de ainda ser desconhecida, que os forçam a se comportarem de tal jeito.

O exemplo da pedra girando numa atiradeira foi proposto por Descartes em seus *Princípios da Filosofia*, com as mesmas considerações de Newton, exceto pela introdução da força centrípeta como o causador da trajetória circular da pedra.

Em uma outra parte Newton justifica o comportamento observado no movimento dos projéteis, devido à presença da gravidade que é bem semelhante em alguns pontos com as apontadas por Galileu. Porém, diferentemente de Galileu, Newton revelou que o movimento inercial acontece ao longo de uma reta e não de um círculo, uma vez que no movimento circular existe a necessidade da ação de uma força centrípeta.

Segundo Galileu, o movimento de um corpo ainda representava uma transferência de um lugar para outro. Se Galileu estivesse na presença de Newton ele iria responder esta afirmação como:

Além disso, sendo o movimento rectilíneo por natureza infinito (porque uma linha recta é infinita e indeterminada), é impossível que alguma coisa possa ter por natureza o princípio do movimento rectilíneo; ou, por outras palavras, que se mova em direcção a um lugar onde é impossível chegar, não havendo fim finito. Porque a natureza, como com razão Aristóteles diz, nunca procura fazer o que não pode ser feito, nem objectiva mover para onde é impossível chegar (GALILEU apud COHEN, 1988, p. 155).

Em seu livro, Newton apresenta que uma única força universal é o causador do contínuo movimento dos corpos celestes em suas órbitas e pela queda dos corpos terrestres.

Isto é, Newton consegue elaborar uma teoria que inclui os princípios matemáticos gerais da dinâmica dos objetos em movimento na Terra e que serão utilizados para todo o mecanismo do Universo. Na parte final do comentário, Newton aponta três tipos de medidas da quantidade de uma força centrípeta: absoluta, aceleradora e motriz.

Em sua fala “A quantidade absoluta de uma força centrípeta é a medida da mesma que é proporcional à eficácia da causa que a propaga a partir do centro pelos espaços ao redor” (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p. 281). Como modelo Newton faz referência à força magnética, que se intensifica com o tamanho do ímã. Podemos adicionar a este comentário falando que no caso de uma força gravitacional a quantidade absoluta é proporcional às massas dos corpos, a seguinte declaração: “A quantidade aceleradora de uma força centrípeta é a medida da mesma que é proporcional à velocidade que ela gera em um determinado tempo” (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p. 281).

Newton compreende, desta forma, a quantidade aceleradora como a causa da aceleração do corpo, uma vez que é comprovado pelos seus argumentos, quando ele nos diz que a força da gravidade varia com a distância a Terra, mas “[...] a distâncias iguais, contudo, é a mesma por toda a parte, porque (retirando ou descontando a resistência do ar) acelera igualmente todos os corpos em queda, sejam eles pesados ou leves, grandes ou pequenos” (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p. 281).

Enfim, ele define a quantidade motora da força centrípeta e como ela é medida: “A quantidade motriz de uma força centrípeta é a medida da mesma que é proporcional ao movimento que ela gera num determinado intervalo de tempo” (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p. 281).

Ao escrever esta definição em notação matemática⁵ moderna temos:

$$\vec{F} \propto \frac{d\vec{p}}{dt}, \text{ sendo } \vec{p} \text{ o momento linear ou quantidade de movimento do corpo.}$$

No terceiro parágrafo das opiniões que acompanham esta definição, Newton (apud COHEN; WESTFALL, 2002, p. 282) mostra mais três equações:

⁵ Na referida notação: \vec{F} é Força; $d\vec{p}$ é a derivada do momento linear; e dt é a derivada do tempo

[...] a quantidade de movimento provém da celeridade multiplicada pela quantidade de matéria, e a força motriz provém da força aceleradora multiplicada pela mesma quantidade de matéria. [...] Daí o fato de que, perto da superfície da Terra, onde a gravidade aceleradora ou força produtora da gravidade é a mesma em todos os corpos, a gravidade motriz, ou o peso, é proporcional ao corpo, mas, se subirmos para regiões mais altas, onde a gravidade aceleradora é menor, o peso seria igualmente diminuído, e será sempre igual ao produto do corpo pela gravidade aceleradora [...].

Traduzindo para a linguagem matemática atual: $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$; $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$; $\vec{p} =$

$m \cdot \vec{g}$. Em que:

\vec{p} - quantidade de movimento

m - massa do corpo

\vec{v} - velocidade do corpo

\vec{F} - força aplicada sobre o bloco

\vec{a} - aceleração do corpo

\vec{P} - peso do corpo

\vec{g} - valor da gravidade da Terra

Em razão dessas definições, está claro que Newton tinha convicção de que a ação de uma força contínua gera uma aceleração constante. Em seguida a estas definições, Newton registra um comentário onde diz que não irá conceituar o tempo, espaço, lugar e movimento, pois são conceitos bem conhecidos de todos.

Então, os conceitos formados pelas leis de Newton são elas:

[Primeira Lei:] Todo corpo continua em seu estado de repouso, ou de movimento uniforme em linha reta, a

menos que seja compelido a modificar esse estado por forças imprimidas sobre ele.

[Segunda Lei:] A variação do movimento é proporcional à força motriz imprimida, e ocorre na direção da linha reta em que essa força é imprimida.

[Terceira Lei:] Para cada ação existe sempre uma reação igual e contrária: ou as ações recíprocas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas para partes contrárias (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p. 286-287).

Segundo Barra (1994, p. 64), “Ao contrário de Descartes, Newton manteve, desde o *De Gravitatione*, que tais estados são conservados em virtude de uma força inerente, inata e essencial à matéria [...]”. Desse modo, devemos verificar o axioma da Primeira Lei, definindo que “[...] Newton jamais se afastou da posição de que a perseverança dos estados inerciais depende da natureza intrínseca da matéria que, além de não poder mudar por si só seu próprio estado, conserva-o através da força inerente a ela” (BARRA, 1994, p. 65).

Podem-se distinguir estas forças da seguinte forma: a força de colisão modifica o movimento em um tempo insignificante; a força de pressão modifica o movimento em um tempo muito curto, mas não desprezível e a força centrípeta modifica o movimento constantemente, em um dado tempo. Na Segunda Lei de Newton, o que devemos compreender por "força imprimida" é à força de colisão, que modifica o movimento, mas em um tempo insignificante. Certificando o comentário, Dias (2006) assegura que Bernard Cohen sugere que a exclusão do tempo na Segunda Lei não foi uma falha de Newton, pois sempre que este “[...] tratava uma força discreta, atuando por impulsos de duração muito pequena, [...] ele omitia o tempo e que, no caso de forças contínuas, o tempo era incluído” (COHEN apud DIAS, 2006, p. 229). Barra (1994, p. 69) nos fala ainda que uma “[...] confirmação de que a Segunda Lei se refere exclusivamente a forças entendidas como impulsos pode ser encontrada nas origens mais

imediatas dessa Lei, que são certamente a física dos impactos ou das colisões”.

No entanto, deve ficar claro para o leitor que Newton tinha plena convicção de que a Segunda Lei, poderia ser aplicada quando a força imprimida fosse constante.

Newton (apud Luciano Carvalhais Gomes 2005, p. 692) que certifica esta afirmação:

Pois a velocidade, que uma força dada pode gerar em uma matéria dada em um tempo dado, é diretamente proporcional à força e ao tempo, e inversamente proporcional à matéria. Quanto maior a força ou o tempo, ou quanto menor a matéria, maior a velocidade que será gerada. Isto é manifesto da segunda lei do movimento.

Isto pode ser traduzido matematicamente da seguinte forma⁶:

$$\vec{v} \propto \frac{\vec{F}}{m} \Delta t.$$

Segundo Sapunaru (2006, p. 148), a investigação historiográfica de Cohen indicou que o realce dada por Newton à ação das forças de impacto na Segunda Lei do Movimento não o desfavoreceu em nada a aplicação desta lei à ação das forças constantes.

O estudo experimental das colisões foi de grande importância para a organização da sua Terceira Lei. Estes trabalhos foram inspirados nos experimentos utópicos de Descartes a respeito de colisões, e isso deu um embasamento empírico à sua teoria do movimento, instaurando as “regras dos choques”.

Posteriormente ao axioma da Terceira Lei, Newton (apud COHEN; WESTFALL, 2002, p. 286-287) argumenta que:

[...] Quando um corpo se choca com outro, e por sua força altera o movimento do outro, esse corpo (em virtude da igualdade da pressão recíproca) também sofre uma variação idêntica em seu movimento, em direção à

⁶ Em que: \vec{v} é a velocidade; \vec{F} é a Força; m é a massa; e Δt é a variação do tempo.

parte contrária. As variações causadas por essas ações são iguais, não nas velocidades, mas nos movimentos dos corpos, isto é, se os corpos não forem impedidos por outros empecilhos. Isso porque, visto que os movimentos são igualmente modificados, as variações das velocidades feitas em direção às partes contrárias são inversamente proporcionais aos corpos.

Entre as diversas conclusões, indícios e revelações proporcionados por Newton, a mecânica e a astronomia tiveram papel importante no campo científico. Newton, através de suas pesquisas, mudou a forma como se tratava o movimento dentro do pensamento aristotélico, introduzindo uma teoria completa para descrever os movimentos, fossem eles sublunares ou supralunares.

A inserção de uma abordagem histórica sobre a mecânica newtoniana foi alvo de estudo por (Dias 2006), mas o assunto continua interminável.

Ainda existem espaços a serem preenchidos no que diz respeito ao desenvolvimento dos conceitos presentes nas leis de Newton.

Um dos objetivos específicos desta pesquisa é identificar os nexos conceituais das leis de Newton dentro de uma perspectiva lógico histórica, para então elaborar a Atividade de Ensino para que possa ser desenvolvida em sala de aula para que em uma Atividade Orientadora de Ensino.

CAPÍTULO III

A Educação qualquer que seja ela, é sempre uma teoria do conhecimento posta em prática. Paulo Freire

METODOLOGIA DA PESQUISA

Trata-se de uma investigação qualitativa do desenvolvimento do pensamento teórico do estudante, a partir de uma prática pedagógica que os estimule a pensar e a se expressar livremente a respeito das três Leis de Newton, formulando-as conceitualmente por meio de uma perspectiva lógico-histórica do conhecimento. Em um primeiro momento, é realizado um estudo sobre o desenvolvimento lógico-histórico das três Leis de Newton, com o intuito de identificar seus nexos conceituais, para então produzir AOE. Na sequência, investigou-se as elaborações produzidas pelos sujeitos da pesquisa quando este campo de conceitos foi trabalhado por meio dessas atividades.

Será apresentada neste capítulo a dinâmica da pesquisa junto com os sujeitos envolvidos, os recursos utilizados para coleta dos dados bem como a constituição das categorias para análise.

Assim, buscou-se descrever os sujeitos da pesquisa que estão associados a constituição do seu corpus a priori de análise, bem como sua forma e interpretação.

Para melhor se descrever esses procedimentos metodológicos, o capítulo foi organizado em três partes em que se apresentam: a caracterização dos sujeitos e do contexto da pesquisa; a dinâmica de desenvolvimento do produto e a caracterização dos instrumentos de análise; o processo de sistematização teórica, construído ao longo do trabalho e a constituição das unidades de análise.

3.1 Caracterizações dos sujeitos e do contexto da pesquisa

A pesquisa foi realizada em uma Escola Estadual, localizada dentro de uma Unidade do Sistema Penitenciária de uma cidade do interior do Estado de Minas Gerais, com 16 estudantes apenados que compõem a única turma do 1º ano do ensino médio. Além dessa turma, há também uma turma de 2º ano do Ensino Médio e outras do Ensino Fundamental.

Antes de iniciar a pesquisa, foi entregue aos estudantes em duas vias o termo de consentimento autorizando a pesquisa, onde uma via ficou com a Penitenciária e a outra com o professor pesquisador⁷. Os nomes dos sujeitos desta pesquisa não foram mencionados, utilizou-se de pseudônimos: “Estudante 1 (E₁)”, “Estudante 2 (E₂)”,..., sendo do E₁ ao E₄ do grupo 1, do E₅ ao E₈ do grupo 2 e do E₉ ao E₁₀ do grupo 3.

Esta Penitenciária tem capacidade para abrigar 500 presos, mas, atualmente, está com 700 presos, todos do sexo masculino. Essa quantidade de detentos, superior a sua capacidade, é de caráter transitório, pois eles serão transferidos para outras unidades do sistema prisional de Minas Gerais que estejam com a capacidade abaixo do seu limite.

A Penitenciária é constituída por quatro Pavilhões, dos quais dois são destinados para os detentos que cumprem pena em regime fechado, um para os apenados que estão no regime semiaberto e outro para aqueles que foram detidos em caráter provisório.

No regime fechado, os presos condenados pela Justiça cumprem sua pena pelo crime cometido sem o direito de saída temporária. Neste mesmo pavilhão, tem uma repartição onde ficam os presos conhecidos como “seguro”. No regime do seguro estão os presos que cometeram crimes de

⁷ No anexo, segue o termo de consentimento que foi entregue aos detentos no início da pesquisa, sendo uma via para a unidade do Sistema Prisional e outra para o Pesquisador, explicando seus objetivos e solicitando a permissão para a sua realização.

estupro e os que colaboraram com a justiça delatando seus comparsas, conhecidos dentro das Penitenciárias. Dentro da Penitenciária são estabelecidas normas de conduta pelas facções criminosas, as quais os presos devem seguir para viabilizar uma convivência pacífica entre eles. Por isso, os presos do seguro ficam em celas separadas dos outros presos que são do convívio por motivo de segurança, como forma de proteger a sua integridade física.

No regime semiaberto estão os presos condenados pela Justiça, que cumpriram parte de sua pena no regime fechado e já adquiriram o direito a saída temporária. Na saída temporária o preso tem o direito de agendar cinco saídas durante um ano, cada uma com 7 dias – essa mudança para o regime semiaberto, com direito a saída temporária, é uma das oportunidades de ressocialização dada aos detentos.

O último pavilhão é reservado aos presos provisórios, isto é, que esperam o julgamento da justiça para serem transferidos para o regime fechado ou transferidos de Unidade Prisional e este tempo que ficam presos no regime provisório será descontado em sua pena criminal.

Os Pavilhões foram construídos com dois andares, divididos em celas para o alojamento dos presos. Durante a semana os presos do convívio têm o direito a três banhos de sol com duração três horas, os do seguro por terem menos presos tem o direito de dois dias de banho de sol também com três horas de duração.

Por motivo de segurança da Penitenciária, devido à quantidade de presos concentrados em um mesmo local, o banho de sol acontece em dois momentos do dia (na parte da manhã e na parte da tarde), atendendo alternadamente as duas alas de cada pavilhão. Durante uma determinada semana, o banho de sol da ala superior pode estar acontecendo no turno Matutino e o da ala inferior no turno Vespertino; na semana seguinte será o inverso.

Aos finais de semana, sábado e domingo, acontecem às visitas aos presos, restrita apenas aos familiares. Os familiares devem se cadastrar

dentro da Penitenciária com todos os dados pessoais e não estar em processo de julgamento pela justiça. Os amigos que também desejem visitar algum preso, devem se cadastrar e emitir o atestado de antecedentes criminais e ter o aval do Juiz responsável pela Penitenciária.

A visita também é uma forma de ressocialização dos presos, estabelecendo laços familiares. A visita íntima é permitida somente aos presos casados, ou que provem que constituem uma união estável. Dessa forma, a esposa deverá fazer o cadastro dentro da Penitenciária para marcar a visita que será durante a semana com a entrada na Penitenciária às 19h00min, através de uma revista procedida por um agente penitenciário feminina, e saída às 07h00min do dia seguinte, também passando pela revista.

O início da visita aos finais de semana começa às 08h00min e término às 16h00min. Cada família dos presos durante a visita pode levar três quilos de alimento e devem passar por uma minuciosa revista, tanto os familiares quanto a comida, essas são normas da Penitenciária que ainda impede a entrada de alguns tipos de comidas e bebidas. Um exemplo dessa restrição é o refrigerante Coca-Cola, por causa da coloração, pois podem mudar a substância colocando outro tipo de bebida que não seja a Coca-Cola.

A visita também acontece de forma aleatória, sendo a visita no sábado no regime fechado, no dia seguinte domingo para o regime semiaberto e provisório, fazendo este rodízio na semana seguinte. Também por motivo de segurança.

Além do direito as visitas e a saída temporária, existem outras formas de ressocialização de presos oferecidas pelo sistema prisional: a oportunidade de frequentar a escola, de trabalhar dentro ou fora da Penitenciária, de participar de projetos sociais elaborados pela SEDS (Secretaria de Estado de Defesa Social) ou pela escola, de realizar cursos profissionalizantes e outros que possam qualificá-los para atuar no mercado de trabalho.

Os presos que podem estudar são somente os que foram julgados, portanto, são os do regime fechado e os do regime semiaberto que podem frequentar a escola.

Os presos que são matriculados na escola são selecionados pela pedagoga da SEDS com a permissão do diretor da Penitenciária. Dentro de toda penitenciária existe uma pedagoga do sistema prisional com a função de intermediar a relação entre a unidade prisional e a escola, e na escola há uma outra pedagoga da Secretaria Estadual da Educação do Estado de Minas Gerais incumbida de dar suporte ou orientar professores e estudantes no trabalho pedagógico.

Cada preso que frequenta a escola ou o trabalho é constantemente avaliado pelo diretor da Penitenciária, pois a continuidade da sua participação nessas atividades de ressocialização está condicionada ao bom comportamento do preso nas atividades escolares, no trabalho e dentro da unidade Prisional, ou seja, não cometer nenhuma falta dentro das normas legais do Sistema Prisional.

Os presos que cumprem sua pena no “Seguro” não podem conviver juntos e nem frequentar a mesma sala de aula, por questão de segurança tanto dos Professores como do próprio preso.

A Penitenciária tem dezesseis salas de aulas distribuídas nos Pavilhões. Nessas de salas de aula estão incluídos também os estudantes do “Seguro”, totalizando 200 matriculados na escola que estão organizados de acordo com a escolaridade de cada um. Nesta distribuição, 75 estudantes cursam as séries iniciais do Ensino Fundamental, 100 estudantes cursam as séries finais do Ensino Fundamental e 25 estão matriculados no Ensino Médio.

A quantidade máxima de estudantes estabelecida para cada turma é de dezesseis estudantes por sala de aula. Esta exigência é posta por questões de segurança dos professores e da própria Penitenciária.

As salas de aula estão divididas em nove turmas pela manhã, com o início das aulas às 8h30min e término às 11h e sete turmas à tarde, com

início às 13h30min e o término às 16h. Em ambos os períodos existem turmas de ensino fundamental e médio, diferentemente da separação usual que ocorre nas escolas convencionais, fora do sistema prisional, em que, geralmente, o período da tarde é reservado às turmas de Ensino Fundamental e o da manhã ou da noite às turmas do Ensino Médio.

Os presos que estudam, recebem o benefício 2h30min em sala de aula, mais 1h30min com trabalho realizado como carga horária complementar, totalizando 4h de atividades escolares que serão

contabilizadas na remissão da pena de cada estudante. Cada 12 horas de aula equivalem a um dia a menos na pena a ser cumprida no Sistema Prisional.

Além das dezesseis salas de aula, há também uma biblioteca, uma sala de professores, onde funciona também a secretaria e sala da Direção.

Atualmente trabalham na escola vinte professores regentes, devidamente habilitados em suas respectivas áreas de atuação, um secretário de escola e uma Diretora. Os dados acima descritos foram extraídos junto a Secretaria da Penitenciária e a Direção da Escola, estando todos devidamente registrados nesses locais.

A escola dentro de um sistema Prisional é primordial para dar uma nova oportunidade aos presos, para que possam ter uma expectativa de vida melhor quando acabarem de cumprir sua pena.

3.2 A dinâmica de desenvolvimento do produto e a caracterização dos instrumentos de análise

Os dados da pesquisa foram coletados no ano de 2014, com 6 aulas de 50 minutos cada e divididos em três encontros (momentos) com a turma do 1ª ano do ensino médio de uma escola pública localizada dentro de um sistema Penitenciário.

No primeiro momento foi trabalhada a AOE 1: Reflexões a respeito da noção de movimento.

ATIVIDADE ORIENTADORA DE ENSINO I

Explorando os Nexos Conceituais das Leis Newton!

1. O que você entende por movimento?
2. Por que os objetos se movimentam?
3. Quando um objeto está em movimento, ele continua se movendo indefinidamente?
4. Você saberia explicar porque os objetos continuam se movendo mesmo depois que você deixou de empurrá-los?
5. Com certeza, você já jogou um objeto para cima. Diz um ditado popular que “tudo que sobe tem que descer”. Analise esta afirmação: uma estudante jogou uma laranja para cima. Após certo tempo de subida a laranja começa a descer, acertando-lhe a cabeça. Explique com suas palavras o motivo pelo qual a laranja começa a descer?
6. Em geral, em situações semelhantes a descrita na questão anterior, por que os objetos caem?
7. Por que uma flecha após ser lançada do arco, continua em movimento?
8. Quando uma esfera é abandonada em um plano inclinado. O que acontece?
9. Imagine você trabalhando em uma embarcação em alto-mar. O capitão lhe dá uma ordem para ficar no mastro do navio para realizar observações. Em um momento de descuido você deixa cair uma pedra. Qual a direção do movimento dessa pedra? Ela cairá no pé do mastro? Explique.

Figura 5 Atividade Orientadora de Ensino I

Neste dia estavam presentes onze estudantes, cinco que compõem a única sala de aula do 1º ano do ensino médio estavam em saída temporária.

No segundo momento foi desenvolvida a AOE 2: Reflexões a respeito da noção de movimento por meio de experimentos.

ATIVIDADE ORIENTADORA DE ENSINO II

Explorando os Nexos Conceituais das Leis Newton!

1. Utilizando uma canaleta lisa e fazendo um plano inclinado com os dois lados com ângulos iguais, abandone uma esfera e veja o que acontece. O que você pode perceber se com ângulos forem diferentes?
2. Quando um ônibus, inicialmente parado, arranca, um passageiro que estava de pé sem segurar nos estribos perde o equilíbrio e cai. Como se explica o tombo deste passageiro?
3. Você está de pé no ônibus. Repentinamente, o motorista pisa no freio e você precisa se segurar, pois parece que seu corpo continua indo para frente. Explique porque isso acontece.
4. Se lançamos duas esferas, simultaneamente, com a mesma intensidade de lançamento sobre superfícies diferentes (sendo uma delas áspera e a outra bem lisa) em qual delas a bola para primeiro? Por quê?
5. Se você soltar uma folha de papel e uma borracha da mesma altura, qual cairá mais rápido? E se você amassar bem a folha antes de soltá-la, isso fará alguma diferença? Explique o resultado de suas observações.
6. Utilizando o plano inclinado explique o que está acontecendo?
 - a) com blocos de mesmo tamanho?
 - b) tamanhos diferentes?
 - c) com dois blocos suspensos e um no plano?
7. Por que uma pessoa sente dor a mão quando aplica um soco em uma parede?

Figura 6 Atividade Orientadora de Ensino II

Na segunda AOE, estavam presentes dez estudantes, novamente mais um teve a saída temporária.

O primeiro passo das AOE foi organizar os grupos, sendo dois grupos com quatro estudantes e um com três estudantes.

No desenvolver das AOE, percebeu-se que as perguntas os deixavam muito incomodados. Na medida em que produziam e negociavam significados, argumentações eram formuladas e apresentadas e o professor intervinha por meio de questionamentos a respeito das afirmações apresentadas por cada grupo.

Quando os grupos pediam a ajuda, para uma melhor resposta, supostamente por eles elaborados, o professor questionava-os dizendo, o que eles entendiam a respeito da pergunta que fizeram. Então eram questionados com outra pergunta, provocando entre os grupos uma troca de informações entre eles.

Segundo o pensamento de Van de Walle (2009, p. 49), a aprendizagem é aperfeiçoada “quando o estudante se compromete e se envolve com os outros, explorando, todos juntos, as mesmas ideias”, então foram elaboradas as AOE de forma que os estudantes pudessem trabalhar em grupos.

Entende-se que AOE é:

atividade orientadora de ensino aquela que se estrutura de modo a permitir que os sujeitos interajam, mediados por um conteúdo negociando significados, com o objetivo de solucionar coletivamente uma situação-problema (MOURA, 2001, p. 155).

Ao se deslocar pela sala de aula percebeu-se como os grupos interagiam desenvolvendo a argumentação e negociando significados.

Para colaborar com a fluência desse processo, durante a Atividade II foram disponibilizados para cada grupo um conjunto de materiais para a realização de experimentos, denominado como Kit. Cada Kit contém: duas esferas e duas canaletas, sendo uma lisa e outra com uma lixa na parte interna; um plano inclinado com roldanas, algumas lixas e alguns blocos de madeira com diferentes características, especialmente em relação ao tamanho e a textura.



Figura 7 Kits Elaborados pelo pesquisador

Com uso das canaletas os estudantes podem fazer experimentos de diversas maneiras, ajustando a inclinação de cada canaleta, de modo que essas possam ter a mesma inclinação ou inclinações diferentes.

Neste experimento, se os estudantes abandonarem as esferas em mesma altura poderão perceber que a canaleta com a lixa exercerá um atrito maior que a canaleta lisa, possibilitando estabelecer uma primeira noção com o conceito de atrito. Será possível notar que o tipo de superfície interfere em seu movimento.

Outro caso refere-se ao momento em que as esferas são abandonadas, buscando fazer com que os estudantes justifiquem o motivo pelo qual essas esferas entram em movimento.

O plano inclinado, as lixas e os blocos de madeira com diferentes massas, foram propostos para que estudantes pudessem, experimentalmente, analisar os fatores que podem provocar ou interferir no movimento de um corpo.

O uso da lixa é no intuito de dar a possibilidade de os grupos poderem lixar o plano e alterar o coeficiente de atrito do plano com os blocos, e assim perceberem que o atrito também interfere em seu movimento.

Percebe-se como os grupos se interagem por meio dos experimentos, neste momento cada estudante apresenta sua ideia de forma a colaborar com a resposta.

O terceiro momento é quando aconteceu a socialização dos significados dos grupos, onde haviam negociado na realização das AOE. Os grupos se reuniram e designou um representante para apresentar suas resposta. No momento que respondiam, o pesquisador fazia a anotação no quadro negro.

Após responderem todas as perguntas e anotadas no quadro, o pesquisador apresentou para os estudantes de como suas respostas estavam perecidas, então, acontece a sistematização do conhecimento a partir dos argumentos apresentados pelos grupos, onde o professor explica o conceito das três leis de Newton fazendo analogias com suas respostas e mostrando como a história foi marcante para Newton estabelecer estas leis.

Realizou-se a análise dos três momentos da pesquisa, onde foram desenvolvidas as atividades de ensino. Buscamos entender como as elaborações dos estudantes sobre o conceito de movimento ocorreram nas AOE.

Para a captação dos dados da pesquisa durante o desenvolvimento das AOE (produto), utilizou-se: o diário de campo, os registros produzidos pelos estudantes, a audiogravação e a vídeogravação do momento em que os estudantes trabalharam com experimentos.

O diário de campo contém as impressões imediatas do pesquisador no momento em que está observando ou interagindo com o seu objeto de investigação.

Os registros que os estudantes produzem durante a atividade permitem analisar as elaborações conceituais sistematizadas nos grupos durante a realização das AOE.

A audiogravação tem como objetivo captar as interações ocorridas nos diferentes grupos para que o pesquisador possa revisá-las na busca de uma melhor compreensão das suas anotações no diário de campo e das produções e negociações de significados no processo de elaboração conceitual dos estudantes.

Com uso da filmadora o pesquisador tem a possibilidade, no momento da análise dos dados registrados, verificar como foi a postura dos estudantes no momento da AOE. Com este recurso o professor poderá ver as imagens filmadas, os recortes (fotos), os comportamentos verbais, as situações e os aspectos em sala de aula.

O vídeo pode ser visto varias vezes e o material analisado até que não se visualize novas descobertas e pontos intrigantes pelo pesquisador no momento da análise.

De acordo com Lima et. al (2007, p. 99), ele deve ser utilizado de modo a “garantir a maior sistematização e detalhamento possível de todas as situações ocorridas no dia e das entrelinhas nas falas dos sujeitos durante a intervenção”.

3.3 O processo de sistematização teórica, construído ao longo do trabalho e a constituição das unidades de análise

A partir do momento que os dados foram coletados concentrou-se em um olhar mais profundo sobre os fundamentos que constituem as mensagens dos estudantes envolvidos na pesquisa. A ótica estabelecida para distinguir com clareza tais princípios é a metodologia de análise designada como Análise de Conteúdo.

Em um sentido amplo, “a análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise das comunicações”. “(...) qualquer comunicação, isto é, qualquer transporte de significações de um emissor para um receptor controlado ou não por este, deveria poder ser escrito, decifrado pelas técnicas de análise de conteúdo” (BARDIN, 1977, p. 32). Considera-se que a análise de conteúdo mostra aquilo que está oculto atrás das palavras, incluindo-se as mensagens.

Segundo Franco (2007, p. 19) “o ponto de partida da análise de conteúdo é a mensagem, seja ela verbal (oral ou escrita), gestual, silenciosa, figurativa ou documental”. Assim, a ótica da pesquisa esta direcionada para

análise de como os estudantes de um sistema prisional se comportariam diante de uma AOE, na qual a resolução das situações problemas apresentadas se tornam responsabilidade do estudante sob a mediação do professor.

A metodologia de análise de conteúdo acontece em três momentos: a pré-análise; a investigação do material; e a abordagem dos resultados, com realce à inferência e à observação.

O estágio da “pré-análise” é o momento em que os dados são estruturados. Em um primeiro momento deve-se realizar uma “leitura flutuante”, ou seja, são estipulados os primeiros contatos com o material e, mesmo acontecendo uma leitura inicial, é possível verificar algumas questões e hipóteses, como também as primeiras intuições do pesquisador.

Considerando os instrumentos de captação de dados já apresentados, a documentação da pesquisa foi constituída pela transcrição das audiogravações, pela observação da vídeogravação, pelo diário de campo e pelos registros das elaborações conceituais produzidas pelos estudantes nas AOE.

Em uma investigação do tipo qualitativo não nos preocupamos com a quantificação de informações. O interesse está nas produções escritas dos estudantes, nas expressões, nos gestos, nos inesperados (ações, discussões, diálogos entre os grupos, soluções para situações-problema, as quais não estavam previstas e não eram esperadas), etc.

Com uso das transcrições, dos registros dos estudantes, da análise do vídeo e com o suporte do diário de campo em mãos, partiu-se então para a pré-análise, realizando as leituras e apontando os primeiros sinais contidos nas mensagens. Para a realização desta etapa efetuou-se a leitura do material e grifou-se com canetas coloridas algumas falas, colocando de uma mesma cor os trechos que se remetiam ou geravam um mesmo tema, os quais viriam a constituir o *corpus* desta pesquisa. Segundo Bardin (1977, p. 96), o *corpus* é “o conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos processos analíticos”.

Assim, o *corpus* da pesquisa foi constituído pelos registros escritos pelos estudantes, pelas transcrições e gravações de áudio e também por meio das anotações do diário de campo do pesquisador. Para a formação desse *corpus*, tomou-se como referência algumas das regras apresentadas por Bardin (1977):

- **regra da exaustividade** – trata-se em uma leitura minuciosa, em repetidas vezes, dos documentos que compõem o *corpus* da pesquisa;

- **regra da homogeneidade** – essa regulamentação prescreve que a documentação esteja sujeita aos critérios definidos de escolha sem fugacidade. Portanto, nesta pesquisa as AOE aplicadas foram as mesmas para todos os grupos, sendo assim, em nossa ótica que essa regra foi respeitada;

- **regra da pertinência** – para essa fase, a fonte documental corresponde adequadamente ao objetivo suscitado pela análise, ou seja, esteja concernente com o que se propõem o estudo, desvelar imagens empíricas da realidade da comunicação.

Compreende-se que os registros condizem ao que foi almejado a partir da questão de investigação desta pesquisa e que apresenta as informações necessárias à análise.

Conforme Bardin (1977, p. 101), se “as diferentes operações da pré-análise foram convenientemente concluídas, a fase da análise propriamente dita, não é mais do que a administração sistemática das decisões tomadas”. Executado esses procedimentos, iniciou-se a fase de exploração do material, com o objetivo de organizar as unidades de análise, e nesse âmbito estão as unidades de registro e as unidades de contexto.

A unidade de registro, de acordo com Bardin (1977, p. 104), “é a unidade de significação a codificar e corresponde ao segmento de conteúdo a considerar como unidade de base, visando à categorização”. Entretanto, uma unidade de registro pode ser determinada através de: palavra, tema, objeto ou referente, personagem, acontecimento e documento.

No caso dessa pesquisa verificou-se o tema como uma unidade de registro mais adequada. O tema de acordo com Bardin (1977, p. 105) “é a unidade de significação que se liberta naturalmente de um texto analisado segundo certos critérios relativos à teoria que serve de guia à leitura”. Nesta perspectiva, podemos selecionar no texto e enunciados, ideias organizadas e argumentos, portadores de significações isoláveis.

Ao analisar os dados, constatou-se que as unidades de registro que poderiam ser tomadas como categorias seriam os próprios nexos conceituais das leis de Newton identificados no capítulo anterior e que serviram de base para a produção das AOE: movimento; força; inércia.

Por sua vez, a unidade de contexto é considerada como “pano de fundo” que imprime significado às Unidades de Análise” (FRANCO, 2007, p. 46). Ela está aqui representada por meio do contexto de desenvolvimento das AOE, geradoras dos dados que evidenciam as práticas sociais estabelecidas a partir da intencionalidade do professor, das condições socioculturais do contexto de sua realização, etc.

Portanto, ao ter as unidades de análise estabelecidas, é necessário estabelecer categorias de análise. “A categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação seguida de um reagrupamento baseado em analogias, a partir de critérios definidos” (FRANCO, 2007, p. 59).

Então, as categorias de análise podem ser estabelecidas a priori ou a posteriori (FRANCO, 2007). No caso a priori, as categorias e seus indicadores são definidos em função da procura de uma resposta específica do investigador. Já no caso a posteriori, as categorias “emergem da “fala”, do discurso, do conteúdo das respostas e implicam constante ida e volta do material de análise à teoria” (p. 61). As categorias vão sendo geradas à medida que aparecem nas respostas e após são interpretadas utilizando as teorias explicativas.

Ao analisar os dados desta pesquisa, iniciou-se uma busca do que seriam as categorias de análise e, percebeu-se que elas coincidiam com os

nexos conceituais identificados para a compreensão das Leis de Newton. Percebeu-se que para pesquisas correlatas a esta, as categorias podem ser estabelecidas a priori a partir do momento que o foco do pesquisador seja constituído pelo conjunto das elaborações conceituais dos estudantes .

Assim sendo, ao analisar os dados, certificamos que os temas i) elaborações sobre a força ii) elaborações sobre a movimento, e iii) elaborações sobre a inércia, poderiam ser agrupados. Desta forma, foram estabelecidas duas categorias de análise, a primeira são as elaborações sobre a forma de movimento, e a segunda, as elaborações sobre movimento através de uso de experimentos e com através do movimento podemos identificar os nexos conceituais.

De acordo com Bardin (1977), para que as categorias de análise sejam significantes, elas devem atender a algumas qualidades. Constatou-se que as mesmas são atribuídas nas categorias que definidas. As características são:

- **exclusão mútua** – “essa condição estipula que cada elemento não pode existir em mais de uma divisão” (BARDIN, 1977, p. 120). Logo, os dados não estão inseridos em mais de uma categoria;

- **homogeneidade** – para acatar a este critério, de segundo o autor, “o princípio da exclusão mútua depende da homogeneidade das categorias. Um único princípio de classificação deve governar a sua organização”. De modo que, como as categorias são os próprios temas, isso está concretizado;

- **pertinência** – “uma categoria é considerada pertinente quando está adaptada ao material de análise escolhido, e quando pertence ao quadro teórico definido” (BARDIN, 1977, p. 120);

- **objetividade e fidelidade** – segundo a autora, quando se coloca em uma mesma esfera categorial a diferentes partes sendo de um mesmo material, essas “devem ser codificadas da mesma maneira, mesmo quando submetidas a várias análises” (BARDIN, 1977, p. 120);

- **produtividade** – “um conjunto de categorias é produtivo se fornece resultados férteis: férteis em índices de inferências, em hipóteses novas e em dados exactos” (BARDIN, 1977, p. 120-121).

O próximo passo da pesquisa são as etapas “descrição e análise de dados” e “inferências e interpretação” serão apresentadas posteriormente, em que as categorias serão analisadas separadamente nas duas AOE aplicadas.

CAPÍTULO IV

Você não pode ensinar nada a um homem; você pode apenas ajudá-lo a encontrar a resposta dentro dele mesmo (Galileu Galilei).

AS ELABORAÇÕES CONCEITUAIS DE ESTUDANTES A RESPEITO DAS LEIS DE NEWTON

Como observado no capítulo anterior, no processo de codificação dos dados reafirma-se os nexos conceituais das Leis de Newton como categorias de análise nesta pesquisa. Assim, este capítulo está organizado de modo que nas três primeiras partes realizam-se inferências acerca das elaborações conceituais dos estudantes a respeito dos nexos (movimento, força e inércia) e na última parte procura-se fazer uma sistematização do que foi analisado.

Franco (2007) mostra que produzir inferências é o que certifica a magnitude teórica do procedimento de uma análise, elas dão relevância teórica uma vez que há de se fazer comparações. Portanto, a Análise de Conteúdo envolve fazer analogias, visto que: “um dado sobre o conteúdo de uma mensagem (escrita, falada e/ou figurativa) é sem sentido até que seja relacionado a outros dados. O vínculo entre eles é representado por alguma forma de teoria” (FRANCO, 2007, p. 30).

O desfecho é apresentado por Franco (2007), como um processo mediador que permite o caminho da etapa da descrição, para a etapa da compreensão.

Buscou-se então entender nos dados coletados, no momento das elaborações do pensamento exposto pelos estudantes durante as AOE, a dinâmica de construção de uma compreensão do conjunto de conceitos que constituem as Leis de Newton e das relações entre esses conceitos na formulação de cada uma dessas leis.

4.1 Elaborações conceituais dos estudantes a respeito do nexa movimento

Esta categoria reporta-se as elaborações conceituais produzidas pelos estudantes a respeito da ideia de movimento, dentro das AOE e da etapa de socialização e sistematização.

Neste momento, perguntou-se aos grupos: o que você entende por movimento? A primeira ideia apresentada por um dos estudantes foi: – *Movimento é algo que continua se movendo, ou seja, o que não fica parado* (E₉ – grupo 3).

O intuito era provocar uma discussão entre os estudantes. No momento em que se inicia a discussão os estudantes já estariam trabalhando com o nexa movimento.



Figura 8 Discussão sobre o conceito de movimento

Professor: Como assim? Algo que continua em movimento e que não esteja parado?
E₉: Exemplo de um..... carro.
Professor: Mas o que provoca o movimento deste carro?
E₁₀: Uma força, uma ação e um objeto que é conduzido.
Professor: O que é a força?
E₁₁: É o que faz movimentar.
Professor: Certo! Mas o que é movimentar?
E₁₁: É algo que não está parado, um carro, uma moto e pessoas andando.
Resposta do Grupo⁸: Algo que não esteja parado, o exemplo de um carro, uma bola futebol.

Quadro 1: Trata-se do recorte de uma das interações corridas com Grupo 3.

⁸ A expressão Resposta do Grupo faz menção ao consenso de um grupo em relação ao questionamento feito na Atividade ou pelo professor..

O que chamou atenção em um primeiro momento foi o estudante E₉ não ter relacionado o movimento com uma força, mas sim como algo que continua em movimento, ou seja, uma ideia que pode ser relacionada a noção a inércia, um outro nexos conceitual das Leis de Newton.

Com apoio do diário de campo pude verificar que a ideia do estudante E₉ não estava relacionada com inércia, ou seja, um movimento sem ação de uma força. Ao realizar a análise, percebe-se que o estudante responde de uma forma sem pensar na causa deste movimento.

Ao elaborar esta pergunta, já se tinha uma expectativa de que os estudantes se sentiriam incomodados.

Para dar sequência uma segunda pergunta foi realizada: – *Qual seria a razão de um corpo entrar em movimento? Ou seja, por que os objetos se movimentam?*

A primeira concepção do grupo foi: – *Não é só pela força física não? Olha a esfera, por que ela se movimentou? É por causa da gravidade!* (E₅ - grupo).

Percebe-se que o grupo inicia uma discussão de movimento sem relacioná-lo a noção de força aplicada diretamente ao objeto, e com uso dos kits começa a justificar o movimento pela queda dos corpos com relação força gravitacional. O conceito de força gravitacional já foi trabalhado com os estudantes no segundo bimestre, então eles já carregam uma noção a respeito da queda dos corpos. A interação foi suscitando outros questionamentos realizados pelo professor, com a intencionalidade de fazê-los pensar a respeito do que estavam tentando argumentar:

Professor: Mas o que é gravidade?

E₅: É o que cai na Terra.

E₇: Pela aceleração! Exemplo de um carro, você acelera ele, então ele vai movimentar.

Professor: O que significa acelerar? Se você está acelerando o carro, o que você vai provocar?

E₈: O nosso próprio movimento, que é o deslocamento. Veja bem! Ao colocar a esfera em uma canaleta ela vai descer até o final.

Professor: Você utilizou as duas canaletas?
E₈: Não!
Professor: Façam então e me digam o que vocês podem observar de diferente. Utilizem os blocos e verifiquem o que acontece no momento do experimento.
E₆: Ao soltar a esfera nas duas canaletas, nos percebemos que uma vai mais rápido que a outra. Por causa da aderência da lixa, que esta nesta canaleta.
Professor: Certo! Façam algumas mudanças, como altura das canaletas entre outras que vocês julgarem importante.
E₅: Ao usar as duas canaletas com mesma altura uma lisa e outra áspera, nos percebemos que mesmo assim a lisa vai mais rápido ainda.
Professor: Mas por que a lisa vai mais rápido?
E₅: Uai, porque a outra tem a lixa!
Professor: O que a lixa tem a ver com o movimento da esfera?
E₅: Por ela ter a lixa, isso faz ela ficar presa e movimentar mais devagar.
Professor: Então! Ao colocar a esfera na canaleta e abandona lá, por que ela vai descer?
E₆: Por causa da gravidade da Terra que puxa ela.
Resposta do Grupo: Um carro se movimenta quando nos aceleramos e ele vai se deslocar, já a esfera, ela vai movimentar por causa de ta na parte mais alta, ai a gravidade ira puxar ela para a Terra.

Quadro 2: Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com Grupo 2.

No início da conversa, os estudantes dizem que o movimento é a causa de uma aceleração, mas quando interrogados sobre aceleração os estudantes usam o exemplo de um carro em movimento. Dando sequência em suas ideias, ao fazer o uso das canaletas eles justificam o movimento de uma esfera ser mais lenta que a outra pelo fato de uma das canaletas ter uma lixa, e ela provocar uma aderência. Mesmo não sabendo do conceito de atrito, os estudantes já percebem que o a superfície pode provocar interferência em seu movimento.

Então se perguntou aos grupos: – *por que os objetos caem?* Esta pergunta foi elaborada com o intuito de verificar como os estudantes pensam a respeito dos objetos caírem em direção a Terra. As primeiras concepções foram: – *Porque ele pode ser empurrado, jogado e movimentado pela força* (E₁₁ – grupo 3).

Professor: Sem que haja a aplicação de uma força, como vocês acham que os objetos caem em direção a Terra?
E₁₁: Por causa da gravidade.
Professor: Explique o que é a gravidade, e se não houvesse a gravidade, como seria?
E₁₁: É o que puxa para a Terra, se não tivesse ela ia flutuar.
E₁₀: Exemplo do espaço, quando sobe até uma certa altura, os objetos ficam

flutuando.

Professor: Me fala mais sobre os objetos flutuando!

E₁₀: É onde a gravidade é zero.

E₉: Exemplo da Lua.

Professor: Então na Lua não tem gravidade?

E₉: Não!

E₈: Tem!

Professor: Os objetos na Lua também caem em direção ao chão?

E₈: Sim! Mas devagar.

Professor: Você está dizendo mais lento? Por que?

E₈: Lá na Lua, a gravidade é menor que na Terra, por isso que as pessoas flutuam.

E₁₀: A gravidade que existe em nosso planeta faz com que os objetos não flutuem.

Resposta do Grupo: Devido a atração da gravidade do solo.

Quadro 3: Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com Grupo 3.

Ao planejar essa questão, o intuito era que os estudantes pudessem entender o porque dos objetos caírem. Percebeu-se inicialmente a expressão de um tipo de pensamento correlato ao aristotélico, quando afirmam que são atraídos para a Terra por causa da gravidade, pois o entendimento é de que os objetos caem em direção a Terra por esta ser o de seu estado natural e não da forma como Issac Newton definiu:

uma vez depreendido o caráter universal da atração gravitacional, Newton pode explicar a queda dos corpos na Terra: essa queda deve-se à força de atração exercida pela Terra. Evidentemente, os corpos em queda livre também atraem, por sua vez, a Terra, mas, em face da massa muito grande desta, seu movimento é desprezível. Ao identificar a força de atração universal à força de gravidade que age sobre um corpo na superfície da Terra, Newton unificou sob uma mesma lei física o movimento dos planetas no céu e a queda dos corpos na Terra, completando assim a unificação dos domínios sublunar e supralunar iniciada por Galileu. Chegara ao fim, portanto, a hierarquia harmoniosa do mundo medieval. (YOAV, 1996, p. 38)

Ao caracterizar a queda dos corpos, é indicada a noção de peso e também mostrado que a gravidade esta associada ao local, ou seja, que o planeta tem seu valor de gravidade. O uso dos blocos de madeira e do plano inclinado, dispara a seguinte discussão:

E₈: Blocos de mesmo tamanho eles vão ficar parado. E blocos de tamanhos

diferentes ainda continuam parado.

Professor: Coloque um bloco no plano, e dois blocos suspensos.

E₈: Agora ele ta descendo.

Professor: O que você pode perceber?

E₈: Os dois é mais pesado, e que a gravidade ta puxando pra baixo.

Professor: E por que, quando você tira um bloco ele não desce?

E₈: Porque ele tem o mesmo peso.

E₅: Pera ai! Pega a lixa. Lixa ele, agora coloca o bloco.

E₆: Ele ta começando a descer. Vamos lixar mais.

E₇: A madeira ta segurando ele.

Professor: O que vocês podem verificar?

E₇: É que devido a aderência da madeira ele fica parado, mais quando nos começamos a lixar ele começa a descer.

Resposta do Grupo: Com blocos de mesmo tamanho e com mesmo peso eles tendem a ficarem parados. Mas quando começamos a lixar eles começam a descer por causa da gravidade.

Quadro 4: Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com Grupo 2.

Para ajudar na intervenção solicitou-se que os estudantes realizassem um experimento com os planos inclinados e com os blocos de diversas maneiras.



Figura 9 Uso do Kit para realização da AOE

Nesta atividade percebe-se que aconteceu a “mediação” da qual o professor de forma intencional de provocar nos estudantes um “incômodo” utilizou objetos e questionamentos a fim de que eles construam seus próprios conceitos.

a concepção da mediação, como possibilitadora da construção pessoal do conhecimento, deve trazer consigo algumas mudanças na ação do professor. Posturas não mediadoras precisam ser revistas, integradas e contextualizadas. Há que se promover transformações no trabalho docente, que garantam a

mediação da aprendizagem como opção consciente de ação pedagógica ou, por que não dizer, andragógica. O fator de “construção” como parte integrante e integradora do conceito de mediação da aprendizagem é um passo necessário nesse caminho. (MEIER; GARCIA, 2007, p. 72)

Neste momento é identificado um dos aspectos donexo conceitual de movimento, referente a causa do movimento dos blocos de madeira nesse contexto. Entretanto onexo conceitual de força aparece com mais evidência quando os estudantes dizem que o bloco ou qualquer outro objeto desce pelo fato de haver a gravidade, puxando-o em direção da Terra.

Novamente, os estudantes nos levam a fazer uma associação ao pensamento Aristotélico que: os elementos possui um “lugar natural”, do qual ele se direciona espontaneamente. Segundo Aristóteles, todos elementos pesados tendem a se dirigir para o centro do universo, do qual, coincide com o da Terra. Aristóteles afirmou que um corpo cai tão rapidamente quanto ao seu peso, ou seja, quanto maior o peso maior será sua velocidade de queda.

4.2 Elaboraões conceituais dos estudantes a respeito do nexo: força

Neste tópico são analisados os episódios em que os grupos produzem significado para onexo conceitual força.

Trabalhar com conceito de força, para um leigo parece ser muito simples. O estudante vem com sua própria bagagem de conhecimento alicerçada em um senso comum. As suas concepções prévias, podem auxiliar para o desenvolvimento de novos conhecimentos, a partir da indagação e do contraditório, presentes na mediação do professor, dos quais o estudante poderá se apoiar para uma aprendizagem significativa.

Os conceitos prévios dos estudantes não são necessariamente alternativas, pois “concepções alternativas são aquelas que o aluno constrói à medida que vai se situando no mundo em que vive. São representações,

conceitos, modelos, teorias, que o ser humano vai construindo para explicar objetos, e eventos que observa em seu mundo”. (MOREIRA, 1999, p. 173)

Foi possível perceber nas respostas dos estudantes no primeiro nexo conceitual analisado nesta pesquisa, que as primeiras ideias de movimento surgiram pelo fato de alguma coisa estar atraindo um objeto, ou seja, seu estado normal que era a Terra.

Portanto, os estudantes não iniciam uma atividade como se nada entendesse, pois trazem consigo conhecimentos assimilados anteriormente para a construção de novos significados (MOREIRA, 1999).

Assim, as ideias sobre a causa do movimento começaram a surgir pelas suas próprias experiências, mas quando questionados, no momento das primeiras respostas, os estudantes começaram a atribuir novos significados quanto a ideia de movimento. Havia o objetivo de verificar qual entendimento que os estudantes tinham a respeito de um movimento, ou seja, se ele poderia se movimentar sem a presença de uma força.

Quando questionados se um objeto em movimento continua se movendo indefinidamente, as primeiras respostas foram: – *Não! Ele pode parar. É igual um lápis, se você joga ele pra cima ele vai cair* (E₂ – grupo 1).

Professor: Como assim! Explique melhor.

E₂: É quando você joga para cima o vento vai diminuir a velocidade dele.

Professor: Mas como ele diminui a velocidade?

E₂: O vento vai fazer parar o objeto.

Professor: Então ele para?

E₃: Ele não vai parar! Ele vai subir e descer.

Professor: Mas por que ele vai descer?

E₃: Por causa da gravidade.

Professor: Onde esta a gravidade? Em que direção?

E₁: No peso dele, e na direção da Terra.

Professor: Então isso seria uma forma de mover indefinidamente?

E₁: É, se você põe uma bola numa ladeira sem fim, ele nunca vai parar.

Professor: Você disse em uma ladeira, certo? E se ela for para uma reta, isso ira fazer ele parar?

E₄: Sim! Porque ele não vai ter a força mais.

Professor: Então o objeto é que tem a força?

E₂: Não! O objeto não tem a força. Quem tem a força somos nós, e nos é que

fazemos ele mover.

Resposta do Grupo: Ele vai parar! Porque não tem a força mais para fazer movimentar no chão, porém, ele não continua por não ter uma força suficiente para o seu movimento.

Quadro 5: Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com Grupo 1.

Nota-se que os estudantes trazem um pensamento de que, para haver o movimento de um corpo, seria necessária a presença de uma força no objeto. Este entendimento pode ser associado, por analogia, a teoria do *impetus* de Philoponus e Buridan no momento em que o estudante afirma que o lápis irá parar “*porque ele não vai ter a força mais*” ou então quando o Grupo 1 formula uma resposta coletiva a respeito da questão abordada, dizendo: *Ele vai parar! Porque não tem a força mais para fazer movimentar no chão, porém, ele não continua por não ter uma força suficiente para o seu movimento.* Percebe-se que os estudantes consideram a existência de uma força interna ao objeto, a qual é diminuída até que o objeto entre em repouso.

Para uma melhor compreensão, outra pergunta foi lançada pelo professor com o objetivo de entender o que os estudantes conheciam a respeito do movimento de um objeto sem estar em contato com o material, ou seja, como compreendiam que este corpo está em movimento sem ação de uma força aplicada sobre ele. Nesse momento questionou-se (Professor): – *você saberia explicar porque os objetos continuam se movendo mesmo depois que você deixou de empurrá-los?* De forma direta o eles responderam: – *porque você empurrou ele!* (E₁ - grupo1)

Novamente estudantes afirmam que para haver um movimento é necessária a ação de uma força atuando sobre o objeto, como é possível notar na interação abaixo:

Professor: Mas por que ele está em movimento mesmo depois de eu deixar de empurrar ele?

E₁: Acho que é a gravidade!

E₂: A falta da gravidade.

Professor: Pela falta da gravidade? O que seria gravidade?

E₂: É o que puxa para Terra.

E₄: Só pela força que eu coloquei nele, ai ele só para de movimentar por falta da

força física.

Professor: Por que ele perdeu a força? Como perdeu a força?

E₃: Quando ele foi movimentando, aí ele perdeu a força.

E₁: A interferência.

Professor: De quem?

E₁: Do ar, da gravidade, condição do local que ele está.

Professor: Então isto interfere em seu movimento? E se estivesse em um lugar diferente!

E₂: Ele ia andar mais.

Professor: Como andar mais? Me explica melhor este andar mais?

E₂: Devido a condição do lugar e a força aplicado nele, ele ia mais longe.

Resposta do Resposta do Grupo: Devido a força de lançamento, devido ao espaço percorrido e a condição do solo e a lei da gravidade.

Quadro 6: Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com Grupo 1.

De forma semelhante a de Aristóteles e Johannes Philoponus, os estudantes justificam o movimento sendo causado por uma força. Embora existam equívocos na argumentação, os estudantes apresentam importantes elementos para ajudar na construção do conceito, como no momento em que afirmam que o ar e o local, interferem no movimento de um objeto, ou seja, sinalizam para a existência de uma força resistiva que faz o corpo parar. Assim, nota-se que os estudantes já começam a perceber que a condição do solo pode interferir no movimento.

A forma como os estudantes conceituaram o movimento e a resistência do meio no corpo, estavam próximo do pensamento de Johannes Philoponus (475-565), em que a velocidade seria proporcional à diferença entre a força aplicada e a força resistiva do meio. Apesar de ainda haver a necessidade de uma força para o corpo se movimentar, cria-se uma perspectiva de um movimento no vácuo. A imagem dessa ideia em linguagem atual seria:

$$V \propto (F - R)$$

De acordo com o Johannes Philoponus, essa força impressa não é de natureza constante, ela vai desaparecendo sucessivamente, incluindo o

vácuo. O motivo desta diminuição é à resistência do meio e à aptidão do corpo pesado de buscar o seu lugar natural que é a Terra.

Quando questionados a respeito de um contexto em que não houvesse uma força resistiva, os estudantes afirmam que o corpo iria mais distante somente se aumentasse a força.

Mais uma vez observa-se manifestar-se uma forma de pensamento Aristotélica, uma vez que seria necessário a presença de uma força sobre o corpo para que haja o movimento.

O debate a respeito de como o movimento se constituiria um problema e das condições do meio, provocou uma mobilização por partes dos estudantes favorecendo a negociação de significados para surgimento de uma resposta consensual.

Esta circunstância corrobora para assegurar o potencial da AOE enquanto recurso metodológico, pois proporciona uma produção compartilhada de conhecimento.

De acordo com Moura (2010, p. 103), “(...) os sujeitos, mobilizados a partir do movimento de desenvolvimento da situação desencadeadora, interagem com os outros segundo as suas potencialidades e visam chegar a outro nível de compreensão do conceito em movimento”.

Quando questionados com a pergunta: – *por que uma flecha, após ser lançada do arco, continua em movimento?* Para o grupo 2, por exemplo, isto ocorreu em suas palavras: – *por causa da força física*. Frente a essa resposta, o professor provoca novamente uma interação através de suas indagações em um dos grupos.

Professor: O que seria esta força física?

E₈: A força de quando ela sai do arco.

Professor: Então o arco que aplicou a força na flecha?

E₈: sim!

E₅: Não! A ação física da pessoa esta produzindo um impulso a flecha.

E₆: O impulso do arco na flecha.

Professor: Certo! Por que a flecha continua em movimento depois que sai do arco?

E₇: Ela vai romper o ar até uma certa distancia, depois certo tempo ela vai perder a força e para.

Professor: Para? Mas o que o ar esta fazendo com a flecha?

E₅: Ela vai diminuindo a sua velocidade, depois cai por causa da gravidade.

E₆: A flecha para porque ela perdeu a força do movimento.

Resposta do Grupo: Após ela ser lançada, ela vai cortando o ar devido sua velocidade, porém, ela acaba perdendo sua força e cai para a Terra por causa da gravidade.

Quadro 7: Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com Grupo 2.

Neste fragmento é evidenciado o modo como os estudantes fazem uso do movimento relacionado a força (sentido do impulso) e velocidade, uma ação equivocada pelos estudantes.

Outro ponto interessante é que o estudante associa o atrito com resistência do ar, provocando uma diminuição da velocidade de um corpo em movimento, e não com sua aceleração.

De acordo com Neves (2005, p. 166, grifo do autor):

[..] Aristóteles teve seus críticos, especialmente Hiparco, que acreditava em uma força impressa que passava do motor ao movente e que diminuía, enquanto o corpo se deslocava através de um meio dissipativo. Era uma espécie de impulso, **impetus** interno, uma noção absolutamente nova e que foi redescoberta, independentemente (acredita-se), no sexto século depois de Cristo, por Philoponus, e no século XIV, por Buridan.

As concepções que os estudantes carregam a respeito de movimento são proposições que julgam serem verdadeiras a respeito da sua realidade. Com essa percepção, o professor faz uma contextualização e lança outro questionamento aos grupos: *com certeza, algum de vocês já jogou um objeto para cima. Diz um ditado popular que “tudo que sobe tem que descer”*. Analise esta afirmação: uma estudante jogou uma laranja para cima. Após certo tempo de subida a laranja começa a descer, acertando-lhe a cabeça. Explique com suas palavras o motivo pelo qual a laranja começa a descer? Os estudantes do grupo 3 apresentaram a seguinte justificativa: – *o motivo dela descer foi de a força física acabar uai e a gravidade atuando em seu peso*.

Com esta pergunta o nosso objetivo foi verificar a concepção que o estudante tem a respeito de gravidade e velocidade. Em certa medida já é

sinalizado nas argumentações anteriores o entendimento que os estudantes tem desses conceitos, entretanto, com esta pergunta desejou-se explorar um pouco mais esses conceitos fazendo-os refletir a respeito de suas próprias concepções para então avançarem em sua compreensão. Nas primeiras ideias eles começam:

E₇: ela cai pelo seu peso, porque a força que foi acompanhando o objeto acabou.
Professor: Você disse que a força foi acompanhando o objeto depois acabou? Explique isto melhor!
E₇: Não! A força foi só de eu jogá-lo , depois ela desce.
Professor: Mas que fez ela descer?
E₆: A força!
Professor: Que força?
E₇: Da gravidade.
Professor: Mas em quem ela atua?
E₇: No objeto, o ar também atrapalha sua subida.
E₅: Acho que o vento não tem a força de fazer descer uma laranja, ela desce pelo seu peso mesmo.
E₈: Olha um exemplo: um paraquedista soltando de paraquedas o vento não interfere nele e ele desce.
Professor: Mas quando o para quedas abre o que acontece?
E₈: Ele da um tranco, o ar para ele.
Professor: Para ele?
E₈: Não! Vai segurando ele.
Professor: Então! Mas por que a laranja não continua subindo?
E₆: Por causa da força física, um exemplo: Quando você jogou a laranja ela foi, foi, foi e quando ela chegou lá em cima ela parou e ela caiu de novo.
Professor: Então ela parou?
E₆: Quase chega a parar. E cai.
Professor: Então ela vai cair. Mas por que ela vai cair? Por que a laranja não continua subindo?
E₅: Porque ela perdeu a velocidade, o seu peso é puxado pela gravidade e é o que faz ele cair. É igual um imã.
Resposta do Grupo 3: Devido a perda da força de lançamento do objeto e devido a gravidade do solo onde puxa ele para baixo.

Quadro 8 : Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com Grupo 3.

Nas falas dos estudantes é perceptível o quanto estão enraizados no pensamento aristotélico. Os estudantes justificam que o movimento é causado pela força aplicado sobre o corpo, em consonância com as ideias de Aristóteles de que um corpo está em movimento somente se uma força atua sobre ele. Observou-se também por parte dos estudante um entendimento de que força seria proporcional a sua velocidade.

Fα V

Após um tempo de discussão o grupo chega a um acordo sobre o porque a laranja vem a cair. O que chamou a atenção foi o momento em que o Estudante afirma que quando um objeto é lançado para cima ele para. Quando questionado sobre o objeto parar, ele reformula sua resposta e diz que quase para.

Neste caso, pode ser que o estudante tenha analisado o objeto lançado não na forma vertical para cima, mas sim em um lançamento oblíquo de forma que o objeto retorne novamente para o solo, mas com a velocidade não atingindo a zero.

Porém, dentro das características físicas, um objeto lançado verticalmente ou mesmo em um lançamento oblíquo, ele chega a ficar em repouso em um instante mínimo, onde sua velocidade final seria igual a zero no eixo y.

Pelo fato de haver uma divergência sobre o conceito de força da gravidade, força e movimento por parte dos estudantes, foi preciso questioná-los, ou seja, mediar os grupos para que as ideias fossem se estabelecendo.

A qualidade de mediação da AOE a caracteriza como um ato intencional, o que imprime uma responsabilidade ímpar os responsáveis pela educação escolar. Esta entende-se é primordialmente a responsável pela aprendizagem de conceitos científicos e pelo desenvolvimento do pensamento teórico, orientada pela intencionalidade de impactar os sujeitos, proporcionado as alterações no desenvolvimento de suas funções psíquicas e a apropriação de conceitos científicos. (MOURA, 2010, p. 99)

Desse modo, a discussão sobre o porque os objetos caem foi satisfatória, pois permitiu por meio da mediação e questionamento do pesquisador no momento da AOE uma melhor compreensão dos estudantes.

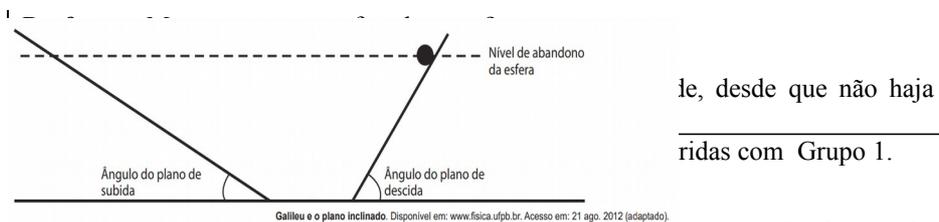
4.3 Elaborações conceituais dos estudantes a respeito do nexa inércia

Alguns questionamentos foram realizados com objetivo de verificar o conjunto de argumentos que pudessem revelar o pensamento dos estudantes a respeito de um movimento retilíneo uniforme, ou seja, identificar como o nexa conceitual de inércia se manifesta no pensamento desses estudantes. Para isso, iniciou-se com seguinte pergunta: - *quando uma esfera é abandonada em um plano inclinado, o que acontece?*

A primeira resposta do Grupo 1: – *Ela vai descer caso não tenha nenhuma coisa para segurá-la.*

Assim, iniciou-se a discussão a respeito do movimento da esfera. Os estudantes estavam frente a alguns materiais, então, puderam utilizar a esfera e verificar o seu comportamento. O fragmento a seguir, exposto no Quadro 9, mostra um dos diálogos provocados nestes momento da AOE:

Professor: O que seria esta coisa para vocês?
E₄: Um morro, inclinação, obstáculo, tudo isso.
Professor: Certo! Esses são possíveis meios que podem interferir em seu movimento. Mas como foi perguntado, ao abandonar uma esfera em um plano, o que aconteceria com esta esfera durante seu movimento?
E₄: Ela vai girando até descer.
E₁: Ela vai aumentar a velocidade até o final.
Professor: Utilizem, a canaleta e verifique o que pode acontecer.
E₂: Ela vai descer e subir até parar no meio.
Professor: Por que ela vai parar no meio?
E₂: Porque ela vai perdendo a força.
Professor: Mas vocês colocaram uma força na esfera?
E₃: Não.
Professor: Então como ela desceu e depois parou?
E₃: Ela desce por causa da gravidade, depois ela vai parar por causa da aderência da canaleta e do ar.
Professor: Certo! Peguem a canaleta, esfera, e lixem, depois aumenta a altura da posição da canaleta e abandone, veja o que acontece.
E₄: Sua velocidade aumentou.
Professor: Por que?
E₄: É que, quanto mais nos aumentamos a altura e lixamos, mais rápido ela desce, pelo fato de aderência dela diminuir.
Professor: Então, se você soltar a esfera em um plano liso, sem nenhuma aderência como vocês dizem, esta esfera irá parar?
E₁: Se você colocar uma esfera em uma ladeira sem fim, ela nunca vai parar. Só se ela for numa reta ou bater num lugar.



le, desde que não haja
ridas com Grupo 1.

Nota-se neste irragmento, reerente a um dialogo ocorrido dentro do Grupo 1, que os estudantes começam a se apropriar dos nexos conceituais relativos ao a ideia de movimento.

Destaca-se a parte em que um dos estudantes diz que: – Se colocar uma esfera em uma ladeira sem fim, ela nunca vai parar. A noção de inércia passa a ser pensada pelos estudantes, ao mesmo tempo em que ele atribui o movimento a força.

Outro fato que chamou muito a atenção foi o estudante ter pensado no que fez a esfera parar, pois suas justificativas não foram baseadas em razões atribuídas a sua natureza (ideia aristotélica), mas devido a ação do atrito, a qual o estudante conceituou como aderência. Ou seja, o movimento, além do repouso, também pode ser um estado ‘natural’ para os corpos, e não de “movimento violento”, não existindo a necessidade de forças aplicadas para manter um movimento em linha reta e com movimento constante. Observe a figura onde mostra o pensamento desenvolvido por Galileu.

Figura 10 Plano Inclinado

Fonte: <http://estudeadistancia.professordanilo.com>

Galileu através da experiência levou a concluir que no caso dos planos inclinados não serem ascendentes ou descendentes não deve haver aceleração ou retardamento no movimento do corpo.

Galileu tinha conhecimento que o movimento permanente não existia, entretanto, se cada vez mais ele polisse o plano inclinado e a esfera, o atrito entre os corpos diminuiria e conseqüentemente a esfera se movia durante um tempo maior com velocidade constante.

Com estas observações Galileu convenceu-se de que o atrito proporcionava as forças que diminuía o movimento horizontal do objeto.

Nesta parte da atividade se destaca aquilo que ocorreu em todo o processo, o que Moura (2001) propõe que deva acontecer em uma AOE: os estudantes, mediados por um conteúdo, negociaram significados, tendo como objetivo resolver de forma coletivamente uma situação problema o que foi explorado pelos grupos.

Na sequência outra questão da AOE 2, tem a intencionalidade de tratar do nexa inércia: – *quando um ônibus, inicialmente parado, arranca, um passageiro que estava de pé sem segurar nos estribos perde o equilíbrio e cai. Como se explica o tombo deste passageiro?* As primeiras ideias dos grupos foram: – *Devido o ônibus entrar em movimento e corpo estar parado ele ira cair.*

Percebe-se que os estudantes novamente apresentam uma noção de inércia mesmo ainda não havendo uma apropriação teórica desse nexa conceitual.

À medida que os estudantes interagiam entre eles, verificou-se que se sentiam incomodados com a pergunta, e quando tentavam produzir alguma elaboração conceitual, o professor fazia sua intervenção procurando questioná-los para argumentarem a respeito de suas respostas.

Professor: Como está parado? Explique melhor.

E₅: Devido a força motora do ônibus ele ira se movimentar e a pessoa sem ponto de sustentação ela vai perder o equilíbrio e cair.

Professor: Certo! Mas se a pessoa estivesse sentada, ela iria cair?

E₇: Não! Porque ela estaria apoiada no banco.

Professor: E se estivesse no corredor?

E₇: Poderia cair, porque não teria onde apoiar.

Professor: Isto garantiria que ela não cairia?

E₇: Sim! Ela estaria apoiada.

E₆: No meu ver ela cairia porque, devido a arrancado do ônibus ele iria ter velocidade.

Professor: E a pessoa? Ela esta dentro do ônibus! Por que ela vai cair então?

E₆: É...

E₅: Quando ele arranca, a pessoa vai cair. Porque, perde o equilíbrio no momento em que o ônibus arranca, depois ela não cai mais.

Professor: Por que a pessoa não cai mais?

E₅: Porque a pessoa tá dentro do ônibus e é ele que movimenta.

Resposta do Grupo: O passageiro não está no mesmo movimento da arrancada do ônibus e sem segurar nas estribas ele perde o equilíbrio e cai.

Quadro 10: Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com Grupo 2.

Ao tentar justificar a causa da queda do passageiro, os estudantes começaram a perceber que, após o ônibus entrar em movimento, os passageiros não caíam, ou seja, mesmo não havendo uma afirmação explícita, pode-se inferir que os estudantes percebem que os passageiros estariam com a mesma velocidade do ônibus.

Esse entendimento dos estudantes é uma manifestação clara de uma situação que pode ser usada para a sistematização da primeira lei de Newton, por haver uma facilidade para a formalização do nexos conceitual inércia.

Assim, de acordo com Newton, “o princípio de inércia vale unicamente para o movimento retilíneo uniforme: na ausência de causa para sua mudança tal movimento prossegue por si mesmo” (BEN-DOV, 1996, p. 28).

Portanto, Newton verificou que o estado natural dos corpos é de se conservarem no estado de repouso ou de movimento com velocidade constante, por inércia, se a força resultante aplicada sobre o corpo for nula.

Este estado natural da matéria, em se conservar ou não em movimento é conceituada como inércia. Newton também verificou que essa lei só seria válida se o arranjo de referência determinado for de um tipo específico, o qual Newton chamou de sistema de referência inercial.

Ao fazer a análise das discussões, torna-se evidente a relevância que a cultura empírica desempenha por possibilitar ao ser humano a interiorização da conduta historicamente estabelecida e culturalmente estruturada de reflexão a respeito de suas experiências e percepções. De acordo com Davydov (1988, p. 61):

A apropriação das formas da cultura pelo indivíduo é, a nosso juízo, o caminho já elaborado de desenvolvimento de sua consciência. Aceita esta proposição, a tarefa fundamental da ciência será a de determinar como o

conteúdo do desenvolvimento espiritual da humanidade se transforma em suas formas de desenvolvimento espiritual e como a apropriação dessas formas pelo indivíduo se transforma no conteúdo do desenvolvimento de sua consciência.

Para continuar o desenvolvimento da produção e negociação de significados a respeito da noção de inércia foi prevista, na elaboração da AOE, outra situação para discussão nos grupos: – *you are standing on a bus. Suddenly, the driver hits the brake and you need to secure yourself, because it seems that your body continues to move forward. Explain why this happens.* As primeiras ideias: – *Due to the speed of the bus, when it brakes it is pushed forward* (grupo 3).

Para o grupo o movimento do ônibus é provocado por uma força, o que denota traços da concepção Aristotélica de movimento. A noção de inércia ainda é confundida com a noção de força, mas as manifestações dos grupos tornaram-se elementos pedagógicos para a discussão de que, nesta situação, por inércia, o corpo mantém-se com a mesma velocidade que tinha o ônibus no instante da freada. Então continuamos a indagar:

<p>Professor: Mas como empurrado para frente? Explique melhor sua resposta. E₉: Porque ela não esta no mesmo movimento. Professor: Quem não esta no mesmo movimento? E₉: O passageiro! Ele esta parado e por esse motivo ele vai para a frente. Professor: Por que então quando o ônibus estava em movimento este passageiro não ia para frente, como foi dito por vocês que ele não estava com a mesma velocidade? E₁₀: Pela velocidade do ônibus a pessoa esta parada, quando ele freia ele recebe um impulso. Professor: O que seria este impulso? E₁₀: A força. Professor: O que seria esta força? E₉: Oh! Ele vai perder o equilíbrio e vai cair porque não esta segurando em nada. Professor: Se a pessoa estiver sentada, ela vai cair? E₁₀: Geralmente não. E₉: Sem segurar ela pode cair. Professor: Mas por que ela pode cair, quando estiver sentada. E₉: Porque quando o ônibus freia ele perde velocidade mas a pessoa continua em movimento. Professor: Como continua o movimento? E₁₀: Se o ônibus esta em movimento e a pessoa parada, no momento que o ônibus é freado a pessoa passa a se movimentar.</p>

Professor: Movimentar em relação a quem?

E₁₀: Ao ônibus!

Resposta do Grupo: Devido o ônibus estar em movimento e ser freado a pessoa passa a se movimentar por causa da freada do ônibus.

Quadro 11: Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com Grupo 3.

Neste fragmento destaca-se a importância da mediação do professor, ou seja, o professor potencializa uma situação problema para os estudantes, na qual ele vai desenvolvendo sua capacidade de resolução, desencadeadora de aprendizagem.

A atividade, [...], é do sujeito, é problema, desencadeia uma busca de solução, permite um avanço do conhecimento desse sujeito por meio do processo de análise e síntese e lhe permite desenvolver a capacidade de lidar com outros conhecimentos a partir dos conhecimentos que vai adquirindo à medida que desenvolve a sua capacidade de resolver problemas. (MOURA, 2000, p. 35)

Pelas observações feitas no diário de campo, notou-se que os estudantes ficaram incomodados com a afirmação de que o corpo iria para frente devido uma força aplicada. Afinal de que força se está falando? Durante as discussões um estudante parece entender o princípio da inércia de Newton ao afirmar que o passageiro continua o movimento após a freada do ônibus.

A inércia de um corpo é definido como o impedimento de resistirem a mudanças no seu estado de repouso ou de movimento, ou à impossibilidade de, desacompanhado, modificarem seu estado de movimento. Isto foi assim enunciado por Issac Newton, em sua Primeira Lei do movimento: *Todo objeto permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja obrigado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele* (Gonzatti, Sônia Elisa Marchi, 2008, p. 21).

Na pergunta seguinte o intuito foi verificar como os estudantes pensariam o movimento em queda livre. O objetivo era verificar como eles conceituariam um objeto caindo de cima de um barco. *Imagine você*

trabalhando em uma embarcação em alto mar. O capitão lhe dá uma ordem para ficar no mastro do navio para realizar observações. Em um momento de descuido você deixa cair uma pedra. Qual a direção do movimento dessa pedra? Ela cairá no pé do mastro? Explique. A primeira resposta do grupo foi: – *Ele vai cair no pé do mastro* (GRUPO 1).

Quando a pergunta foi elaborada, já se esperava esta resposta dos estudantes, então iniciamos a discussão.

<p>Professor: Se o barco estiver em movimento isto fará alguma diferença? E₃: Não! Mas sim! Professor: Sim ou não? E por que fará diferença? E₃: Sim! Porque se estiver em movimento ele não cairá no pé do mastro, e se estiver parado irá cair no pé do mastro. E₁: Se ele estiver parado ele vai cair no pé do mastro, se o navio estiver em movimento arrisca não cair no pé do mastro. E₄: Não devido as ondas do mar. E₂: Ele esta em movimento constante? Professor: O que significa movimento constante? E₂: É o que nós estudamos no primeiro bimestre, é aquele que sua velocidade é a mesma durante todo o tempo. Professor: Considere o barco com velocidade constante, o que irá acontecer? E₂: Eu acho que cai bem perto, mas por causa da onda do mar ele não vai cair. Professor: Vamos levar em consideração que o mar esteja calmo, porém, o barco esta em movimento. A pedra irá cair no pé do mastro? E₂: Acho que cai perto. Professor: Mas cai no pé do mastro? E₂: Não! Porque o barco esta em movimento, ai ele vai cair bem próximo. E₃: Não! Como o barco esta em movimento a pedra não ira cair no pé do mastro. Resposta do Grupo: Não! Porque o navio esta em movimento e a pedra não esta no mesmo movimento. Imagine que esteja em cima de uma ponte e queira pular em cima de uma embarcação, se eu não pular no momento certo, com certeza eu irei cair no mar, e com navio parado com certeza cairia dentro do navio, da mesma forma acontece com a pedra.</p>

Quadro 12: Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com Grupo 1.

Os estudantes em nenhum momento dizem que o ar não interferiria em sua queda, justificavam somente pelo fato de o navio estar em movimento.

No momento que o estudante pergunta e se o barco estivesse em movimento constante, pensou-se que eles estariam se apropriando do conceito de inércia, porém, quando questionados, surge a afirmação de que

cairia próximo do pé do mastro, não levando em consideração que o objeto também está em movimento.

Segundo Galileu, ao abandonar uma pedra e deixando de lado a resistência do ar ela cairia exatamente no pé do mastro.

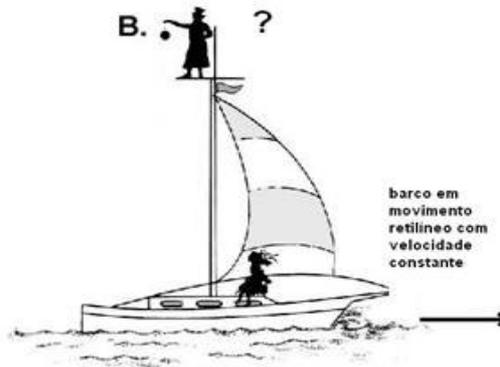


Figura 11 Explicação de Galileu da queda de um pedra
 Fonte: <https://www.google.com.br/search?>

A teoria de inércia de Galileu fundamenta-se no movimento, ou seja, um corpo se conserva em movimento inalterado enquanto não atuar nenhuma força externa sobre ele.

No exemplo da pergunta anterior, de acordo com Galileu, antes de ser abandonada do mastro, ela já é animada pelo movimento efetuado pelo barco, ao deixar a pedra cair, conserva-se sua velocidade na direção horizontal, idêntico a do barco, que se compõe com a queda na vertical. Assim, a pedra cai no pé do mastro seja em movimento ou em repouso.

Pensando ainda na queda dos corpos, e encaminhando-se para o final da AOE, outros questionamentos foram apresentados: – *se você soltar uma folha de papel e uma borracha da mesma altura, qual cairá primeiro? E se você amassar bem a folha antes de soltá-la, isso fará alguma diferença? Explique o resultado de suas observações.* As primeiras ideias dos grupos foram: – *A borracha caiu primeiro por causa de ela ser mais pesada.* Então continuamos a indagá-los:

Professor: Qual é mais pesada?

Es: A borracha!

Professor: Agora amasse uma folha em forma de uma esfera e usando outra folha aberta e veja o que acontece.

E₆: A bolinha cai primeiro.

Professor: Por quê?

E₈: Ela ficou mais pesada!

Professor: Mais pesada?

E₇: Não! É porque a folha aberta, demora mais a cair por causa do vento.

E₈: Com a folha aberta e o papel amassado, o amassado caiu primeiro, já com a borracha e o papel amassado eles caíram quase juntos.

Professor: Com papel amassado e a borracha eles caíram quase juntos?

E₇: Não! A borracha caiu primeiro.

Professor: Quase juntos ou a borracha primeiro? Explique por que isso aconteceu?

E₅: Eles caíram quase juntos, mas por causa de a borracha ser mais pesada ela chega no chão primeiro.

Professor: E se você pegar este cubo de madeira e a borracha, qual chegara primeiro?

E₅: O de madeira!

Professor: Por que?

E₅: Porque ele é mais pesado! Sempre o mais pesado cai primeiro.

Pesquisador: Por que a folha aberta demora mais a cair do que a amassada? Qual a causa de isto acontecer?

E₈: O vento! Com a folha aberta o vento segura a folha e quando ela está uma bolinha ela cai quase junto com a borracha.

Resposta do Grupo: Ao soltar uma folha aberta ela demora mais a cair devido a força do vento, e ao amassar a folha e soltar junto com a borracha, eles vão cair quase juntos, pois a força do vento não altera por causa de ter amassado a folha em forma de uma esfera, a folha demorou a cair só por causa de estar aberta.

Quadro 13: Trata-se do recorte de uma das interações ocorridas com Grupo 1.

No momento da atividade os estudantes tiveram a possibilidade de discutir o problema, de fazer experimentos e fazer relações com uso de objetos (borracha e papel, madeira em forma de cubo e borracha, papel e papel).

Após fazerem estas experiências os estudantes tiveram uma compreensão melhor sobre a queda dos corpos, percebendo que a forma também interfere em sua queda, ou seja, no momento da queda do papel amassado e aberto.



Figura 12 Questionamento dos grupos

Grandezas como velocidade, massa, aceleração fazem parte do nosso dia a dia nas aulas de Física, principalmente no primeiro ano do ensino médio. Entretanto, saber utilizar e o significado destas grandezas de forma correta é o grande desafio do professor. No momento que os estudantes começaram a responder as AOE, afirmavam que um objeto mais pesado chegaria ao chão mais rápido.

O exemplo seria a borracha que iria atingir o solo primeiro que o papel, por causa de seu peso, ou seja, seu “estado natural” que seria a Terra. Trata-se de um pensamento Aristotélico, no qual se acredita que o objeto procura, de forma espontânea, chegar ao seu lugar natural. Isto é, a tendência de um corpo sempre seria chegar a Terra.

Nessa compreensão aristotélica: “um corpo cai tanto mais rapidamente quanto maior é o seu peso. Esse fato, alias, era confirmado pela observação: um pedaço de chumbo cai mais depressa do que uma pena” (BEN-DOV, 1996, p. 14).

Quando questionados a respeito do que aconteceria caso amassassem a folha de papel, abandonando-a junto com uma folha aberta, verificou-se que os estudantes ficaram incomodados. Justificaram que no momento que a folha aberta ia caindo, ela teria uma força resistiva causada pelo vento, então, puderam verificar que o vento interferia em sua queda.

Quando se solicitou que abandonassem o papel amassado e um cubo de madeira de massa maior que a borracha, disseram que a cubo de madeira chegaria ao solo primeiro, e afirmaram que quanto mais pesado for o objeto, mais rápido ele irá atingir o chão.

Isso está de acordo com as teorias de Galileu e Newton, na qual analisavam que na queda de uma pena com uma bolinha de chumbo, havia uma força de atrito não perceptível, o ar (o vento).

Mesmo verificando que os estudantes disseram que o vento interferia em sua queda, onde se aproximaram das ideias de Galileu e Newton, eles foram questionados a trocar a borracha pelo cubo de madeira onde sua massa era maior, os estudantes afirmaram que a madeira chegaria primeiro. Então podemos perceber um caráter intuitivo dos estudantes sobre as concepções aristotélicas, em que foi identificado um mundo físico próximo das ideias de Aristóteles.

O objetivo com o desenvolvimento do produto foi levar o estudante a dar forma teórica à solução de um problema em uma circunstância de aprendizagem.

Fundamentado nos resultados obtidos, acredita-se que as Atividades Orientadoras de Ensino foram satisfatórias, nas quais os estudantes puderam interagir, colocar em discussão os significados produzidos no momento da atividade e argumentar a respeito da transformação de suas concepções de movimento, atribuídas pelos nexos conceituais das leis de Newton.

4.4. Síntese e sistematização das AOE

No último momento aconteceu a sistematização das AOE, onde os grupos escolheram um representante para ir a frente apresentar suas respostas.

As respostas dos grupos foram transcritas em uma folha de cartolina e colada no quadro, durante esta socialização eles puderam responder sobre o que entenderam sobre a concepção de movimento.

Percebe-se que as respostas dos grupos estavam muito parecidas, fato que foi observado pelos próprios estudantes no momento da socialização e discutidas durante apresentação.

Segundo Moura (2010, p. 225), na “Atividade Orientadora de Ensino, a solução da situação-problema pelos estudantes deve ser realizada na coletividade”. Constatou-se que, a partir dessas discussões e das respostas dadas pelos grupos sobre a concepção de movimento, os estudantes puderam apresentar suas ideias sobre movimento e discuti-las da melhor maneira durante as AOE, todos contribuíram para se chegar a um conceito sobre movimento.

Nas discussões dos estudantes durante as AOE, é notado que o modo de intervenção do professor no momento de desenvolvimento das AOE foi fundamental, de modo que os estudantes puderam desenvolver sua compreensão dos nexos internos do conceito em estudo.

Outro fato interessante observado foi que a partir das AOE os estudantes, através de sua história de vida, trazem a manifestação de um pensamento empírico a respeito do movimento, associadas a certa compreensão do que seja força e inércia. Segundo Moura (2002, p. 157) “tomar o ensino como uma atividade implica definir o que se busca concretizar com a mesma, isto é, a atividade educativa tem por finalidade aproximar os sujeitos de um determinado conhecimento”.

Após as discussões feitas pelos grupos, o professor, através da mediação, sistematiza as Leis de Newton, mas de forma diferente de uma aula tradicional, ou seja, não “jogando” as leis de Newton de forma “mágica”.

Com as ideias formadas pelos grupos o professor mostrar para os estudantes como o pensamento deles estava próximo ao de alguns pensadores da história do movimento, ou seja, de Aristóteles, Buridan,

Copérnico etc, identificando para os estudantes e fazendo uma analogia das respostas dadas por eles. Os estudantes começaram a perceber que as Leis de Newton foram se desencadeando ao longo da história.

Segundo Moura (2010),

para que a aprendizagem se concretize para os estudantes e se constitua efetivamente como atividade, a atuação do professor é fundamental, ao mediar a relação dos estudantes com o objeto do conhecimento orientado e organizado o ensino. As ações do professor na organização do ensino devem criar, no estudante, a necessidade do conceito, fazendo coincidir os motivos da atividade com o objeto de estudo (p. 94)

Foi interessante observar como os estudantes se apropriaram das Leis de Newton de uma forma significativa, percebendo como foi importante os questionamentos anteriores a Newton.

Foi observado também o como as afirmações dos estudantes vão ao encontro de Moura (2010, p. 88) “a atividade realizada em comum, coletiva, ancora o desenvolvimento das funções psíquicas superiores, ao configurar-se no espaço entre a atividade intersíquica e a atividade intrapsíquica dos sujeitos”.

Assim, observou-se nesta experiência pedagógica que a organização do ensino em grupo possibilita a aprendizagem do estudante, compartilhando ideias para se chegar a um conceito melhor formado pelo grupo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se fiz descobertas valiosas, foi mais por ter paciência do que por qualquer outro talento. - Newton

Ao termino desta pesquisa estou convencido de que os objetivos foram atingidos e que uma prática pedagógica, organizada em uma perspectiva lógico-histórica auxiliou para que os estudantes possam ter um entendimento significativo dos conceitos de força, movimento e inércia.

Nos fundamentos desta pesquisa, buscou-se saber quais as elaborações que os estudantes do primeiro ano do ensino médio de um sistema prisional produzem sobre a concepção de movimento em um trabalho em grupo, conforme a exploração de seus nexos conceituais em AOE em uma perspectiva lógico histórico.

Com base nos dados organizados por meio das transcrições das gravações de áudio, das imagens dos vídeos produzidos no momento da atividade, dos registros escritos feitos pelos estudantes e das observações do pesquisador no diário de campo, pode efetuar a análise a partir da metodologia da Análise de Conteúdo. Foram estabelecidas três categorias de análise que nos possibilitaram observar essas elaborações.

Verificou-se que a argumentação apresentada pelos estudantes, foi satisfatória, em que se percebe o querer dos estudantes em poder chegar à solução dos problemas, suas experiências de vida lhes proporcionaram a criação de hipóteses, a negociação de significados na solução coletiva.

Certificou-se que a partir dos nexos conceituais os grupos de estudantes podem produzir significados aos conceitos de movimento que foram abordados nas duas atividades propostas. Além disso, a maneira de organização proporcionou que os estudantes tomasse consciência de sua

própria atividade psíquica, à medida que tinham que argumentar no grupo, as ações e decisões que tomariam na resolução do problema.

Assim, é preciso considerar a Física construção humana, como uma ciência em movimento transformação, com fluência e que pode de ser recriada pelos sujeitos no sentido atribuído por Caraça (1984, p. XIII):

a Ciência pode ser encarada sob dois aspectos diferentes. Ou se olha para ela tal como vem exposta nos livros de ensino, como coisa criada, e o aspecto é o de um todo harmonioso, onde os capítulos se encadeiam em ordem, sem contribuições. Ou se procura acompanhá-la no seu desenvolvimento progressivo, assistir à maneira como foi sendo elaborada, e o aspecto é totalmente diferente – descobrem-se hesitações, dúvidas, contradições, que só um longo trabalho de reflexão e apuramento consegue eliminar, para que logo surjam outras hesitações, outras dúvidas, outras contradições.

[...] A Ciência, encarada assim, aparece-nos como um organismo vivo, impregnado de condição humana, com as suas forças e as suas fraquezas e subordinado às grandes necessidades do homem pelo entendimento e pela libertação; aparece-nos, enfim, como um grande capítulo da vida humana social.

Portanto, foi possível notar o potencial da AOE para a exploração conceitual da ideia de movimento, fazendo o uso de situações desencadeadoras de aprendizagem orientadas pela interação sociocultural entre os estudantes e com o professor.

Então, conclui-se que a AOE é um recurso didático de grande importância para o ensino de Física, uma vez que dispôs colocar o conhecimento em movimento, onde proporcionou o diálogo e a socialização entre os grupos estabelecendo os nexos conceituais. A AOE colaborou para a formação do estudante e também para a formação do professor.

Acredito que a ampla contribuição desta pesquisa foi de desenvolvido um ambiente de aprendizagem para a Física, organizado em referências da teoria histórico cultural, visível desde início da pesquisa. Embora, haja muita pesquisa e estudos na área da Educação, é sabido das dificuldades destas novas opções didáticas entrarem em sala de aula. Então,

esta pesquisa abre uma perspectiva para que outras AOE sejam delineadas e desenvolvidas no ensino de Física.

Entretanto, esta pesquisa é apenas uma gota de água no imenso oceano. Mas fica o desejo de que novas pesquisas na área do Ensino de Física possam ampliar as reflexões a respeito da perspectiva adotada que se possa alcançar novos horizontes, buscando novos meios que possam contribuir para uma melhoria no ensino e aprendizagem da Física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A constituição do sujeito adolescente e as apropriações da internet : uma análise histórico- cultural / basmage, denise de fátima do amaral teixeira - Campo grande, 2010. 151 f.

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

BARBATTI, M. Conceitos físicos e metafísicos no jovem Newton: uma leitura do De Gravitatione . Revista da SBHC, n.17, p.59-70, 1997.

BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo. 70. ed. São Paulo: Livraria Martins Fontes, 1977. 225 p.

BARRA, E. S. O. Omnis Philosophiæ Difficultas: o conceito de força na filosofia natural de Newton. São Paulo, 1994. 193f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas e Letras, Universidade de São Paulo. BEN-DOV, Yoav. Convite a física. Rio de Janeiro: Sindicato Nacional dos Editores de Livros, 1996. 152 p.

BRASIL (2000). Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica.

CARAÇA, B. de J. Conceitos fundamentais da Matemática. 1. ed. Lisboa: Livraria Sá da Costa Editora, 1984.

CEDRO, W. L. O espaço de aprendizagem e a atividade de ensino: o clube de matemática. São Paulo: FE/USP. Dissertação de Mestrado, 2004.

COHEN, I. B.; WESTFALL, R. S. Newton: textos, antecedentes, comentários. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: EdUERJ - Contraponto, 2002.

COHEN, I.B. O Nascimento de Uma Nova Física. Gradiva, Lisboa, 1988.

CUNHA, Micheline Rizcallah Kanaan da. Estudo das elaborações dos professores sobre o conceito de medida em atividades de ensino. 2008. 135f. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade Federal de Campinas, Campinas, 2008.

DAVÍDOV, V.V. A new approach to the interpretation of activity structure and Content. In: Hedegaard, M.; Jensen U. J. Activity theory and social practice: cultural-historical approaches. Aarhus (Dinamarca): Aarhus University Press, 1999.

DAVÍDOV, V.V. Problems of developmental teaching – The experience of theoretical and experimental psychological research. Soviet Education, New York, Aug., Sep., Oct., 1998a.

DAVYDOV, V. Tipos de generalizacion en la ensenanza. Havana: Pueblo y Educacion, 1982.

DAVYDOV, V. V. *La ensenanza escolar e el desarrollo psiquico*. Habana: Editorial Progreso, 1988.

DIAS, P. M. C. $F=ma$?! O nascimento da lei dinâmica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.28, n.2, p.205-234, 2006.

FACCI, M. A periodização do desenvolvimento psicológico individual, na perspectiva de Leontiev, Elkonin e Vygotsky. Cadernos CEDES, Campinas, v. 24, n. 62, 2004.

FICHTNER, B. Introdução à abordagem histórico-cultural de Vygotsky e seus colaboradores. INEE, Universidade de Siegen, Alemanha, 2010.

FONTANA, R. A. C. Mediação pedagógica na sala de aula. 4. ed. Campinas: Autores Associados, 2005.

FRANCO, M. L. P. B. Análise do Conteúdo. Séria Pesquisa. Brasília: Liber Livro, 2007. LIMA, T. C. S. de, MIOTO, R. C. T., PRÁ, K. R. D. A documentação no cotidiano da intervenção dos assistentes sociais: algumas considerações acerca do diário de campo. Textos & Contextos (Porto Alegre), v. 6, p. 93-104, 2007.

FREITAS, M. T. A. Uma teoria social do desenvolvimento e da aprendizagem. Revista Presença Pedagógica, v. 13, n. 73, jan./fev., 2007.

INGOLI, F. De situ et quiete Terrae contra Copernici systema disputatio. In: Favaro, A. (Ed.). Edizione nazionale delle opere di Galileo Galilei. Firenze: Barbèra Editore, 1933. v. 5, p. 397-412

KOPNIN, P. V. A dialética como lógica e teoria do conhecimento. Coleção perspectivas do homem. Editora Civilização Brasileira S.A., Rio de Janeiro, v. 123, 1978. 353p.

LANE, S. (Org.). Psicologia social: o homem em movimento. São Paulo: Brasiliense, 1997.

LANNER DE MOURA, A.R. Movimento Conceitual em sala de aula. In: Anais da XI Conferência Interamericana de Educação Matemática. CIAEM, Blumenau/SC, 13-17 de julho de 2003.

LEONTIEV, A. N. Actividad, conciencia, personalidad. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1983.

LEONTIEV, A. O desenvolvimento do psiquismo. São Paulo: Moraes, 1978.

LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. M. Vygotsky, Leontiev, Davydov: três aportes teóricos para a Teoria Histórico-Cultural e suas contribuições para a Didática. CONGRESSO BRASILEIRO DE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO, 4., 2006, Goiânia. Anais... Goiânia, 2006. Disponível em: <<http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe4/individuaiscoautorais/eixo03/Jose%20Carlos%20Libaneo%20e%20Raquel%20A.%20M.%20da%20M.%20Freitas%20-%20Texto.pdf>>. Acesso em: 20/01/2015.

LUCIE, P. Física básica: A gênese do método científico. Rio de Janeiro: Campus, v. 1, 1977.

MARTINS, R. A Galileu e o princípio da relatividade. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, n. 9, p. 69-86, 1986.

MARTINS, R. A. Descartes e a impossibilidade de ações à distância. In: FUKS, S. (Org.). Descartes 400 anos: um legado científico e filosófico. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1998. p. 79-126.

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. A ideologia alemã. Tradução de Frank Muller. São Paulo: Martin Claret, 2006.

MEIER, M.; GARCIA, S. Mediação da aprendizagem: contribuições de Feuerste e de Vygotsky. Curitiba: Edição do Autor, 2007.

MOÍSES, Roberto Perides. A resolução de problemas na perspectiva histórico/lógica: o problema em movimento. 1999. 157f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

MOURA, M.O.; et.al.. A atividade orientadora de ensino como unidade entre ensino e aprendizagem. In: MOURA, M.O. (Coord.). A atividade pedagógica na teoria histórico-cultural. Brasília, DF: Líber Livro, 2010. p. 81-110.

MOURA, Manoel Oriosvaldo de. (Coord.). Controle da variação de quantidades: atividades de ensino. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1996.

MOURA, Manoel Oriosvaldo de. A atividade de ensino como ação formadora. In: CASTRO, A. D. de; CARVALHO, A. M.de. (Orgs.). Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

MOURA, Manoel Oriosvaldo de. Construção do signo numérico em situação de ensino. 1992. 151 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

MOURA, Manoel Oriosvaldo de. O educador matemático na coletividade de formação: uma experiência com a escola pública. 2000. 131 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MOURA, Manoel Oriosvaldo de. Professor de Matemática: a formação como solução construída. Revista de Educação Matemática da SBEM-SP. Ano 1, número 1, set. de 1993. p. 1-15.

MOURA, Manuel Oriosvaldo de. A atividade de ensino como ação formadora. In: CASTRO, Amélia Domingues de; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. (Org.). Ensinar a ensinar - didática para a escola fundamental e média. 1ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning Limitada, 2001, p. 143-162.

MOYSÉS, L. Aplicações de Vygotsky à Educação Matemática. 7. ed. Campinas, Sp: Papirus, 2006.

NEVES, M. C. D. Uma investigação sobre a natureza do movimento ou sobre uma história para a noção do conceito de força. In: Marcos C. D. Neves e Arlindo Savi. (Org.). De Experimentos, Paradigmas e Diversidades no Ensino de Física. Maringá, PR: Massoni, 2005. p. 163-187.

OLIVEIRA, M. K. de. Teorias psicogenéticas em discussão. 5. ed. São Paulo: Summus, 1992.

OLIVEIRA, M. K., 1997. Vygotsky. Aprendizado e desenvolvimento. Um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 111p.

OLIVEIRA, Marta Kohl. Vygotsky : aprendizado e desenvolvimento um processo sóciohistórico. Coleção Pensamento e Ação no Magistério, vol. 21. São Paulo: Editora Scipione, 1993.

PONCZEK, R. L. Da Bíblia a Newton: uma visão humanística da Mecânica. In: ROCHA, J. F. (Org.). Origem e evolução das idéias da física. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 16-135.

REGO, T. C. R. Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis: Vozes, 1995.

REZENDE, João Paulo. Nexos conceituais de número natural como sustentação para o desenvolvimento de atividades de ensino. 2010. In: III Seminário de Histórias e Investigações de/em Aulas de Matemática, Campinas, 2010.

ROSA, J. E. da; MORAES, S. P. G. de; CEDRO; W. L. As Particularidades do Pensamento Empírico e do Pensamento Teórico na Organização do Ensino. In: MOURA, M. O. de (org.). A Atividade Pedagógica na Teoria Histórico-Cultural. Brasília: Liber Livro: 2010, p.67-80.

ROSMORDUC, J. Uma história da física e da química: De Tales a Einstein. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1985.

SAPUNARU, R. A. O "Estilo Newtoniano", o espaço, o tempo e o movimento "absolutos": controvérsias entre cartesianos e newtonianos. Rio de Janeiro, 2006. 178 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Faculdade de Filosofia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

SOUSA, Maria do Carmo de. O ensino de álgebra numa perspectiva Lógico-Histórica: um estudo das elaborações correlatas de professores do ensino fundamental. 2004. 286f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

VAN de WALLE, J. A. Matemática no Ensino Fundamental: formação de professores e aplicação na sala de aula. Tradução de Paulo Henrique Colonese. 6. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2009.

VYGOTSKY, L. S. A construção do pensamento e da linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

VYGOTSKY, L. S. Obras escogidas V. Madrid: Visor, 1997.

VYGOTSKY, Lev S. O desenvolvimento psicológico na infância. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. A formação social da mente. Org. Michel Cole...et al; tradução José Cipolla Neto, Luís Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. São Paulo: Michael Cole (org et al.). Martins Fontes, 1991.

ANEXO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Concordo em participar, como voluntário, de uma pesquisa que será realizada na Penitenciária da cidade de Formiga MG, pelo Físico Educador Márcio Martins da Silva, portador do RG MG-12489261, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Lavras – UFLA.

Esta pesquisa tem como finalidade analisar as elaborações dos estudantes a respeito das Três Leis de Newton, quando produzidas a partir da Atividade Orientadora de Ensino (AOE) propostas.

Portanto o objetivo, é que os estudantes possam entender os conceitos a partir dos seus nexos conceituais em uma perspectiva lógico-histórico, permitindo assim, que estes se tornem mais significativo e que em sua totalidade, ou em grande parte, a apropriação dos conceitos formados pelos estudantes. Ao decidir aceitar participar deste estudo, tomei conhecimento de que:

Caso não me sinta à vontade com alguma questão da sessão, estou ciente de que posso deixar de respondê-la, sem que isso implique em qualquer prejuízo.

Estou livre para desistir da participação em qualquer momento desta pesquisa.

Sei que as informações que eu fornecerei poderão, mais tarde, ser utilizadas para trabalhos científicos e, que fui informado que a minha identificação será mantida sob sigilo.

Não há nenhum risco significativo para mim em participar deste estudo. A minha participação neste estudo é inteiramente voluntária, não

tendo sofrido nenhuma forma de pressão para isso. Não haverá despesas por minha parte.

Considerando as observações acima:

Eu, _____, estou ciente que minha participação neste trabalho poderá abrir um espaço para que eu expresse minhas opiniões e percepções sobre o assunto pesquisado, que poderão ser úteis para um maior conhecimento sobre o tema e para a expansão de estudos nesta área.

Data:

Assinatura do voluntário

Assinatura do Pesquisador