UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA INTERUNIDADES EM ENSINO DE CIÊNCIAS

**Engajamento Disciplinar Produtivo e o Ensino por Investigação:
estudo de caso em aulas de Física no Ensino Médio**

TADEU NUNES DE SOUZA

São Paulo
Agosto de 2015

**ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO E O ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO
MÉDIO**

TADEU NUNES DE SOUZA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO INSITUTO DE
FÍSICA, INSTITUTO DE QUÍMICA, INSTITUTO DE
BIOLOGIA E À FACULDADE DE EDUCAÇÃO DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO COMO
REQUISITO PARCIAL, PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE MESTRE EM ENSINO DE CIÊNCIAS.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENSINO DE FÍSICA

ORIENTADORA: PROF^a DR^a LUCIA HELENA
SASSERON

São Paulo
Agosto de 2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Souza, Tadeu Nunes de

Engajamento disciplinar produtivo e o ensino por investigação: estudo de caso em aulas de física no ensino médio. São Paulo, 2015.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Lucia Helena Sasseron

Área de Concentração: Ensino de Física.

Unitermos: 1. Física – Estudo e ensino; 2. Ensino por investigação; 3. Engajamento disciplinar produtivo; 4. Ensino médio.

USP/IF/SBI-070/2015

Nome: SOUZA, Tadeu Nunes de

Título: ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO E O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Titulares

Prof^a. Dr^a Lucia Helena Sasseron

FE – USP

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. Paulo César de A. Raboni

Unesp– Presidente Prudente

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof^a. Dr^a Anna Maria Pessoa de Carvalho

FE – USP

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Suplentes:

Prof. Dr. Maurício Pietrocola de Oliveira Pinto

FE-USP

Prof. Dr. Marcelo Motokane

FFCL-RP-USP

Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos

IF-USP

Dedico a meu pai (in memoriam), pela sua luta incansável na tentativa de dominar a leitura e a escrita, a minha mãe, pelo seu apreço ao saber, a minha esposa Iolanda, aos meus filhos, Saul e Priscila, pela compreensão do que este trabalho significava para mim.

AGRADECIMENTOS

À Prof.^a Dr.^a Lucia Helena Sasseron, que com sua solicitude e competência muito contribuiu para o meu crescimento profissional.

À Prof.^a Dr.^a Anna Maria Pessoa de Carvalho, que personifica num único ser o rigor e a ternura.

Ao Prof. Dr. Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira, pela gentileza de me proporcionar espaço para discussões muito frutíferas.

Ao Prof. Dr. Ivã Gurgel, por ter me proporcionado a oportunidade de fazer parte do LaPEF.

À Prof.^a Dr.^a Nobuko Ueta, pelas deliciosas conversas sobre Física.

Aos amigos do LaPEF, pelo inestimável apoio durante esta jornada.

*Eu venho de campos, subúrbios e vilas,
Sonhando e cantando, chorando nas filas,
Seguindo a corrente sem participar,
Me falta a semente do ler e contar*

*Eu sou brasileiro anseio um lugar,
Suplico que parem, prá ouvir meu cantar.*

*Você também é responsável,
Então me ensine a escrever,
Eu tenho a minha mão domável,
Eu sinto a sede do saber*

*Eu venho de campos, tão ricos tão lindos,
Cantando e chamando, são todos bem vindos.
A nação merece maior dimensão,
Marchemos prá luta, de lápis na mão.*

*Eu sou brasileiro, anseio um lugar,
Suplico que parem, prá ouvir meu cantar.*

*(Letra da música “Você também é responsável”;
autores: Dom e Ravel).*

Resumo

SOUZA, T. N., **Engajamento Disciplinar Produtivo e o Ensino por Investigação: estudo de caso em aulas de Física no Ensino Médio**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades Ensino de Física, Universidade de São Paulo, 2015.

A presente dissertação buscou analisar se, e como, o Ensino por Investigação pode promover o Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP) entre alunos de uma turma da disciplina Física do terceiro de ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual localizada na periferia da cidade de São Paulo. Num primeiro momento e no âmbito escolar, o EDP pode ser entendido como um indicador do grau de envolvimento com os temas e práticas de uma disciplina. Para tratar o tema, realizamos revisão bibliográfica entre trabalhos da área de pesquisa em ensino de ciências e física sobre o envolvimento de estudantes nos processos de ensino e aprendizagem na educação formal. Também estudamos trabalhos relacionados ao Ensino por Investigação e o estabelecimento de interações discursivas em sala de aula. Estes estudos permitiram propor indicadores de engajamento, de engajamento disciplinar e de engajamento disciplinar produtivo que foram utilizados na análise de episódios ocorridos em sala de aula. Os dados analisados nesta pesquisa são constituídos por aulas gravadas integralmente em vídeo, além de todo material didático a eles disponibilizado durante a aplicação da de uma sequência de ensino investigativa que versava sobre o tema “Dualidade onda-partícula”. Pela análise da fala dos alunos, durante as atividades, e pelas interações dos mesmos com o professor e entre si, pudemos observar que, em vários momentos das atividades propostas nas aulas, houve um engajamento da turma, ficando este bastante condicionado às ações do professor.

Palavras-chave: Engajamento Disciplinar Produtivo, Ensino por Investigação, Sequencia de Ensino Investigativa, Ensino Médio.

Abstract

SOUZA, T. N., **Productive Disciplinary Engagement and Teaching through Investigation: Physics class case study in high school**. Thesis (Master's Degree) – Physics Interunits Teaching Program, São Paulo University, 2015.

This thesis aimed to assess whether, and how, Teaching through Investigation can promote the Disciplinary Productive Engagement (DPE) of a group of high school Physics class students, from a public school located in the suburbs of São Paulo. DPE can be understood as an indicator of the degree of involvement in a class with the themes and practices of a discipline. To address the research subject, we conducted a literature review of research in science education and physics, and the involvement of students in the teaching and learning processes in formal education. We also reviewed studies about Teaching through Investigation, and the establishment of discursive interactions in the classroom. These studies allowed proposing engagement indicators, disciplinary engagement and productive disciplinary engagement that were used in the analysis of episodes that occurred in the classroom. The data analyzed in this study consist of classes recorded entirely in video, plus all teaching materials available to them during the application of an Investigative Teaching Sequence; which was about the theme "wave-particle duality." By analyzing the speech of the students during the activities, and the interactions with the teacher and each other, it was observed engagement of the class several times during the activities proposed. However, the engagement was conditioned by teacher's actions. **Keywords:** Disciplinary Productive Engagement, Education for Research, Investigative Teaching Sequence, High School.

Sumário

1. Introdução e Justificativa	11
2. Referencial Teórico	16
2.1 Os fundamentos epistemológicos e psicológicos para a nossa concepção de ensino	16
2.2 Piaget e as suas contribuições para o ensino	17
2.2.1 O epistemólogo	17
2.2.2 As contribuições do epistemólogo	17
2.2.3 Piaget e as implicações na educação	22
2.3 Vigotski e as suas contribuições para o ensino	22
2.3.1. O psicólogo	22
2.3.2. As contribuições do psicólogo	23
2.3.3. O pensamento e a linguagem	27
2.3.4. Vigotski: implicações na educação	28
2.4 Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP)	29
2.4.1 Engajamento em foco	29
2.4.2 O EDP em foco: características e estratégias	32
2.4.2.1 As bases teóricas do programa “Fomentando comunidades de aprendizagem” (FCL)	34
2.4.3 O EDP como implicação direta do FCL	36
2.5 Investigação científica	37
2.6 Ensino por Investigação	38
2.6.1 Breve histórico	38
2.7 Sequência de Ensino Investigativa (SEI)	40
2.8 Os nossos indicadores de EDP	42
3. Metodologia da pesquisa	48
3.1 A Pesquisa	49
3.2 As questões legais	52
3.3 Os personagens da sala de aula	52
3.4 A preparação para a coleta de dados	53
3.5 A escola	53
3.6 A sequência de ensino	54
3.7 O registro das aulas	55
3.8 Extraíndo os dados dos registros da pesquisa	56
4. A análise dos dados e os instrumentos usados para essa análise	59
4.1 Em busca dos indicadores de EDP	59
4.2 Aula 1 (21/09/12) – Atividade da Caixa Preta	60
4.3 Aula 6 (23/11/12) Interferômetro de Mach-Zehnder	82
5. Considerações e conclusões	95
6. Referências Bibliográficas	100
7. Anexos	107

1. Introdução e Justificativa

“Não tenho medo de que meu tema possa, em exame mais detalhado, parecer trivial. Receio apenas que eu possa parecer presunçoso por ter levantado uma questão tão vasta e tão importante.”

E. H. CARR

Entendemos que uma das características mais importantes da atuação docente é a reflexão sobre a sua prática. Refletindo sobre a sua prática o professor pode tomar consciência da mesma, nos termos defendidos por Paulo Freire, que nos diz:

A conscientização implica, pois que ultrapassemos a esfera espontânea de apreensão da realidade, para chegarmos a uma esfera crítica na qual a realidade se dá como objeto cognoscível e na qual o homem assume uma posição epistemológica. (FREIRE, 2001, p.30)

Como professor de carreira, tenho me conscientizado que o objetivo mais importante do meu trabalho é o aprendizado dos alunos; neste sentido, devemos procurar pesquisar e planejar métodos e abordagens de ensino que possam transformar nossas aulas em ambientes que propiciem tal aprendizado.

Também concordamos com Carvalho (1998) quando afirma que:

O ensino somente se realiza e merece este nome se for eficaz, se fizer aluno de fato aprender. O trabalho do professor, portanto, deve direcionar-se totalmente para a aprendizagem dos alunos. Não existe um trabalho de ensino se os alunos não aprendem. É necessário que o professor tenha consciência de que sua ação durante o ensino é responsável pela ação dos alunos no processo de aprendizagem. O ensino deve potencializar a aprendizagem. Ensino e Aprendizagem precisam ser entendidos como uma unidade, os dois lados de uma mesma moeda, duas faces de uma mesma aula (p.12).

Para os nossos propósitos, entendemos que o processo de aprendizado está em curso quando o sujeito constrói argumentação bem estruturada, escuta o outro com atenção e responde de forma fundamentada, elabora ideias próprias, pesquisa criativa e criticamente; salientamos que, ao agir assim, este sujeito não

está somente manejando conhecimento, mas também, gestando um tipo de cidadania que sabe lidar com o conhecimento tornando-a, assim, mais efetiva. Neste ponto, enxergamos consonância entre o conceito acima expresso e aquele mencionado por Oliveira (1997) que, citando Vigotski, nos fala em aprendizado como:

Aprendizado é o processo pelo qual o indivíduo adquire informações, habilidades, atitudes, valores, etc. a partir do seu contato com a realidade, o meio ambiente e as outras pessoas. É um processo que se diferencia dos fatores inatos [...] Em Vigotski, justamente por sua ênfase nos processos sócio históricos, a ideia de aprendizado inclui a interdependência dos indivíduos envolvidos no processo [...] Optamos aqui pelo uso da palavra aprendizado, menos comum que aprendizagem, para auxiliar o leitor a lembrar-se de que o conceito em Vigotski tem um significado mais abrangente, sempre envolvendo interação social. (p. 57)

Considerando as nossas inquietações e a nossa concepção de aprendizado, acima elencadas, procuramos buscar metodologias de ensino que pudessem tornar as nossas aulas ambientes em que, de fato, o aprendizado estivesse sendo fomentado. Silva (2008) nos diz que:

[...] vários estudos inseridos numa perspectiva sociocultural em educação, analisam como as salas de aulas de ciências podem se constituir em ambientes que encorajam os alunos para tomarem a iniciativa e responsabilidade por sua própria aprendizagem, e como o professor atua nesse processo. (p.43)

Dentre estes estudos, destacamos o trabalho de Engle & Conant (2002) que ao realizarem um estudo sobre o Programa de Ensino denominado “Fostering Communities of Learners” (Promovendo Comunidades de Aprendizes; tradução nossa), que doravante nos referiremos como FCL, propuseram o conceito de Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP). Silva (2008) destaca que:

O EDP expressa uma tendência investigativa na área da educação em ciências, que busca compreender como são geradas em sala de aula as oportunidades para a aprendizagem. O EDP pode ser entendido como um indicador do nível do alcance do envolvimento dos estudantes em temas e práticas de uma disciplina. (ibid, p.47)

Engle & Conant (op. cit.) sugerem que o EDP pode ser fomentado pelo planejamento de ambientes que se caracterizam por: a) problematizar o assunto;

b) dar ao estudante autoridade para a resolução dos problemas; c) considera os estudantes responsáveis para com os colegas e as normas disciplinares compartilhadas e d) Provê os estudantes dos recursos necessários para solucionar os problemas.

Neste trabalho, que será um estudo de caso, pretendemos investigar se, e como os alunos podem se tornar engajados disciplinarmente e produtivamente com os temas e as práticas de uma disciplina, utilizando o Ensino por Investigação como abordagem didática, no contexto da nossa sala de aula de uma escola pública.

A nossa hipótese de que uma resposta afirmativa para a pergunta acima possa ocorrer apoia-se nas semelhanças que observamos entre as formulações básicas destes dois conceitos, o Ensino por Investigação, por intermédio das Sequências de Ensino Investigativas (SEIs) e o Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP).

De maneira simplificada, entendemos que uma SEI é uma sequência de ensino que se caracteriza basicamente por: a) apresentar ao estudante um problema aberto (na perspectiva do estudante), ou seja, um problema para o qual não há uma resposta imediata; b) oferecer ao estudante o maior grau de liberdade possível para que elabore a sua agenda de pesquisa relacionada à solução do problema; c) prover ao estudante os recursos necessários para a consecução da tarefa agendada; e d) esperar que o estudante atue com responsabilidade para com os colegas e com as atividades trabalhadas.

O conteúdo disciplinar da SEI, aqui em cena, explora o tema “Dualidade Onda Partícula” e foi inspirada no trabalho de Brockington (2005). Entendemos que este tema, Física Quântica, tem potencial para despertar o interesse dos alunos, pois é atual e está presente nos mais diversos setores da sociedade como: ressonância magnética, na medicina; TV de Plasma, LCD, CDs, DVD e MPs; computação quântica, na área da informação; na produção cinematográfica, notadamente na área da ficção científica; compondo frações, cada vez mais significativas, do PIB dos países industrializados.

Entendemos que as razões ora expostas nos permitem esperar que o tema “Dualidade Onda Partícula” possa estimular a participação dos estudantes nas atividades propostas nesta SEI, porém acreditamos que este envolvimento não

está apenas condicionado ao tema, mas também, e, sobretudo, ao modo como este tema é apresentado e discutido em aula.

Para concretizar nossos intentos analisaremos os dados obtidos por meio das filmagens das interações que aconteceram, durante as aulas, com um grupo de alunos de uma turma do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública do estado de São Paulo, capital. Optamos por trabalhar com a Escola Pública de nível Médio porque é nela que se situa o maior contingente de alunos desta etapa do ensino e também porque é neste tipo de escola que atuamos, há mais de 15 anos, como professor da disciplina Física. Entendemos, também, que mudanças significativas na Educação de nosso país que possam reverberar na qualidade de vida da população, necessariamente, devem ter como foco principal a escola pública.

Por meio da análise das interações discursivas presentes nestas aulas, esperamos encontrar indicadores que nos permitam responder à seguinte pergunta de pesquisa: o ensino por investigação pode promover o engajamento disciplinar produtivo em aulas de Física?

Para nossa análise, daremos ênfase às interações discursivas, uma vez que é possível encontrar teorias bem fundamentas e aceitas pela comunidade científica sobre o papel da fala na construção do conhecimento em situações de ensino formal. Com o intuito de enfatizar esta nossa colocação, mencionamos abaixo a citação de Sasseron (2009), a respeito das interações discursivas:

Nestas interações, a linguagem oral possivelmente é a principal forma de comunicação, mas temos claro o pensamento de que não é a única e, em muitas oportunidades, não é suficiente para se informar uma ideia. Deste modo, nos discursos em sala de aula, gestos, expressões faciais e/ou corporais podem se unir à linguagem oral a fim de tornar a ideia apresentada mais fiel e representativa. (p. 139)

Salientamos que ao usarmos o termo “interações discursivas” não estamos, portanto, nos referindo somente à linguagem falada, mas também às outras formas mencionadas na citação acima.

Encerramos esta introdução colocando a nossa pergunta de pesquisa: o Ensino por Investigação pode promover o Engajamento Disciplinar Produtivo em aulas de Física?

2. Referencial Teórico da pesquisa

...vivemos de modo incorrigível, distraídos das coisas mais importantes.

GUIMARÃES ROSA

2.1 – Os Fundamentos Epistemológicos e Psicológicos para nossa concepção de Aprendizado

Buscamos, nesta seção, expor os fundamentos epistemológicos e psicológicos que embasarão a nossa pesquisa.

Ao iniciarmos a pesquisa, estávamos preocupados em não adentrarmos por um caminho como este mencionado por Azanha (2011) na citação que se segue:

Até aqui temos insistido na crítica ao estilo de estudo da educação brasileira, na qual os autores operam com categorias demasiado abstratas para permitirem descrições confiáveis das práticas escolares concretas. O defeito desses estudos está, justamente, no fato de que, nas generalidades em que permanecem, os autores não estão autorizados às qualificações e classificações que fazem de uma prática desconhecida, porque inacessível a partir das posições em que eles se situam. (p.57)

Nesse ponto procuramos refletir sobre qual seria o nosso paradigma para o Ensino. Entendemos que o Ensino tem como objetivo o aprendizado. Como professores podemos nos esforçar imensamente, porém nem todos vão aprender naquela aula (pode ser um processo longo e lento e, portanto, difícil de avaliar). Posto isto, procuramos buscar quais formulações originais dariam os fundamentos para a nossa pesquisa, a nossa investigação, que direcionasse os modos pelos quais deveríamos abordar o nosso problema e delimitasse as maneiras pelas quais responderíamos às nossas indagações.

Nos encontros coletivos que são oferecidos semanalmente nas escolas onde trabalhamos, ao longo da nossa trajetória profissional, cuja finalidade deveria ser a promoção da nossa formação continuada, temos notado duas situações recorrentes: ou o exagerado abstracionismo dos textos utilizados, ou textos de “autoajuda” de qualidade duvidosa, o que, portanto, gera uma justificada aversão por parte dos professores nos seus envolvimento com os mesmos. Tal fato, por conseguinte, somente corrobora a ideia de Azanha (2011).

Nossas participações nas atividades do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (LaPEF) nos propiciaram contato com vários autores que tratam de temas relacionados às nossas preocupações quanto ao saber, o que foi de grande utilidade para nos identificarmos com um referencial teórico que atendesse aos nossos questionamentos e que primasse pela clareza nos seus fundamentos. Neste contexto nos identificamos com as referências teóricas propostas por Carvalho (2013):

Muitos fatores e muitos campos do saber influenciaram a escola de uma maneira geral e o ensino em particular, entretanto, podemos citar, entre os trabalhos que mais afetaram o cotidiano das salas de aula de ciências, as investigações e teorizações feitas pelo epistemólogo Piaget e os pesquisadores que com ele trabalharam e os conhecimentos produzidos pelo psicólogo Vigotski e seus seguidores. (p. 1)

A seguir exporemos resumidamente as formulações teóricas destes dois pensadores e procuraremos mostrar por que elas podem dar suporte e explicar a nossa escolha em trabalhar orientados pelos princípios que dão embasamento ao Ensino por Investigação e ao nosso entendimento sobre o que seja o processo de Ensino e Aprendizado.

2.2 – Piaget e suas contribuições para o Ensino

2.2.1 – O Epistemólogo

Jean Piaget nasceu em 1896 em Neuchâtel, na Suíça, e morreu em 1980 em Genebra, na Suíça. Formou-se em biologia, desde jovem interessou-se por epistemologia, área da filosofia em que são elaboradas e discutidas teorias do conhecimento. Projetou-se nos meios acadêmicos como psicólogo e educador.

2.2.2 – As contribuições do Epistemólogo

Dentre as várias obras produzidas por este eminente pensador destacamos: *O nascimento da inteligência na criança*, *A Construção do real na criança*, *A formação do símbolo na criança* e *o Juízo moral na criança*, que podem nos levar a entender os métodos de pesquisa e a essência filosófica da teoria piagetiana. Os trabalhos de Piaget procuram entender como o conhecimento,

principalmente o científico, é construído pela humanidade, questão primordial para nós enquanto profissionais da Educação.

Ao analisar esta questão, Cunha (2008) escreve: *“Ele percebeu que poderia atacar este problema epistemológico estudando o progresso das categorias de conhecimento no decorrer da vida da pessoa, da infância à idade adulta.”* (p. 59).

Estes trabalhos se iniciaram a partir de dados empíricos obtidos por um procedimento conhecido *“abordagem clínica”*, uma entrevista livre na qual o pesquisador busca verificar os fundamentos e processos relacionados à capacidade cognitiva de seus sujeitos experimentais. Estas entrevistas eram feitas com crianças e adolescentes em idade escolar. O fato das entrevistas terem conteúdos próximos aos propostos em contextos científicos trouxeram contribuições capazes de orientar os professores tanto no planejamento de suas sequências didáticas como em suas atitudes em sala de aula, pois podem lhes fornecer entendimentos de como o sujeito constrói conhecimento.

Esta abordagem de pesquisa (a abordagem clínica) também abre novas perspectivas para outra forma de se conceber o processo de avaliação que pode ser colocado à disposição do professor. Nos métodos tradicionais, o professor aplica pré-testes e pós-testes padronizados para avaliar o desenvolvimento intelectual do aluno. Dependendo do desempenho do aluno, infere-se o seu nível de desenvolvimento intelectual comparativamente à população para a qual o teste foi idealizado. Podemos dizer que estes testes podem dar uma boa ideia da capacidade intelectual do aluno naquele momento, mas deixam a desejar quanto ao processo que o levou àquele nível.

Com o método clínico, temos a possibilidade de compreender como o indivíduo formula suas concepções sobre o mundo, como resolve problemas e como elabora explicações sobre os fenômenos físicos. Entendemos que esta forma de proceder pode ser um instrumento importante para o processo educacional.

Antes de prosseguirmos, entendemos ser necessário esclarecer um ponto importante para o nosso trabalho: quando nos referimos a um método piagetiano, estamos nos referindo a uma abordagem de pesquisa, e não a um corpo de conhecimentos pedagógicos. Estes métodos de pesquisas inspiraram procedimentos na sala de aula diferentes daqueles apregoados por uma

pedagogia tecnicista, voltada para a mensuração de resultados. Os procedimentos inspirados no método piagetiano nos permitem planejar atividades que potencialmente podem promover o progresso intelectual do aluno. Primeiramente, o aluno deve ser instigado para a importância do que lhe será ensinado. Conforme mencionado por Cunha (2008):

O aluno deve ser despertado para a relevância daquilo que vai ser ensinado – relevância pessoal, imediata, e não simplesmente formal. De nada adianta dizer a ele, que aquele assunto do currículo é importante porque será útil mais tarde. Se não houver vínculos desafiadores entre ele e a matéria de ensino, vínculos que ativem a percepção do desnível existente entre o aprendiz e o conteúdo escolar, o educando não será impulsionado a estudar aquilo. (p. 61).

Outro aspecto importante que podemos frisar nos trabalhos de Piaget é a importância de um “problema” para o início da construção do conhecimento. Quando o aluno é desafiado a resolver um problema, estabelece-se um importante diferencial entre um ensino expositivo feito pelo professor e o ensino que propicia condições para que o mesmo possa raciocinar e construir o seu conhecimento. Em uma aula simplesmente expositiva, o desenvolvimento do raciocínio é primordialmente do professor, sendo que o aluno só o segue e procura entendê-lo, não sendo o agente do pensamento.

Quando o professor propõe um problema, convida o aluno a raciocinar e sua ação passa a ser a de orientar e encaminhar as reflexões do aluno na construção do conhecimento novo (Carvalho, 2013, p. 2)

Ao explicar como o conhecimento é construído, Piaget no diz:

A inteligência é uma adaptação. Para apreendermos as suas relações com a vida, em geral, é preciso, pois, definir que relações existem entre o organismo e o meio ambiente. Com efeito, a vida é uma criação contínua de formas cada vez mais complexas e o estabelecimento de um equilíbrio progressivo entre essas formas e o meio. Afirmar que a inteligência é um caso particular da adaptação biológica equivale, portanto, a supor que ela é, essencialmente uma organização, e que sua função consiste em estruturar o universo tal como o organismo estrutura o meio imediato. (Piaget, 1970, p. 15)

Procurando facilitar o nosso entendimento sobre estas ideias de Piaget, recorremos a Cunha (2008) e encontramos as interpretações que descreveremos a seguir. Começamos por definir as seguintes categorias: o Sujeito do Conhecimento é aquele que será submetido ao aprendizado, e o Objeto do conhecimento é aquilo que será aprendido. Segundo Becker (2008): “*O objeto é a totalidade do que o sujeito não é, é tudo, todas as relações sociais, tudo que se transpira no cotidiano, tudo que está aí que de alguma forma chega ao indivíduo.*” Sujeito e Objeto relacionam-se de uma determinada maneira (o Sujeito age sobre o Objeto). Inicialmente, há algo que impulsiona o Sujeito em direção ao Objeto.

Este algo pode ser entendido como um “desequilíbrio” entre estas duas entidades, o que faz com que o Sujeito seja atraído pelo Objeto a fim de superar este desnível. Este desequilíbrio devido à interação com o Objeto exerce uma ação perturbadora sobre o Sujeito o que o motiva a envolver-se pessoalmente com o Objeto.

Em segundo lugar, este Sujeito cognoscente procura atuar metodicamente (pesquisando, fazendo hipótese, testando-as, experimentando, argumentando, etc.) sobre o Objeto a fim de apreendê-lo. Assim, o processo de conhecer envolve três etapas que se complementam e que, em alguns casos, podem ocorrer simultaneamente: 1) o primeiro envolve a ação sobre o Objeto com o intuito de conhecê-lo, lançando mão dos referenciais cognitivos que possui (mesmo que estes não sejam suficientes para entender o Objeto em toda a sua plenitude), ocorre o que Piaget denominou de “assimilação”. 2) O segundo processo, denominado “acomodação”, tem lugar com as modificações que o Sujeito sofre por conta do exercício da “assimilação”. O Sujeito tem os seus esquemas cognitivos modificados por conta da sua relação com o Objeto, e isto significa que experimenta uma espécie de adaptação destinada a superar definitivamente o desnível entre ele e o Objeto. 3) Ao final destes dois processos, chegamos a um estado de “equilíbrio” entre o Sujeito e o Objeto. O sujeito do conhecimento que atinge este equilíbrio não é o mesmo que começou o processo porque seu conhecimento sobre o mundo agora é outro, é maior, mais desenvolvido do que quando ainda não havia interagido com o Objeto do Conhecimento. Ressalte-se que o equilíbrio atingido nunca é definitivo, o que reflete um dos fundamentos da Epistemologia: o conhecimento não é estático, está sempre mudando, ocasionando também mudanças contínuas nos esquemas cognitivos do Sujeito.

Destacamos ainda que, em nosso entendimento, um dos aspectos mais importantes desta teoria, para a organização do ensino, é a percepção de que qualquer novo conhecimento tem origem em algum conhecimento anterior. Estes fatos, naturalmente, trouxeram inovações quando se planeja o ensino, porquanto poderia não ser produtivo iniciar uma aula sem se considerar o conhecimento prévio do aluno. Tomamos a noção de conhecimento prévio como indicada por Piaget (1978,):

Para que um novo instrumento lógico se construa, é preciso sempre instrumentos lógicos preliminares; quer dizer que a construção de uma nova noção suporá sempre substratos, subestruturas anteriores e isso por regressões indefinidas. (p. 215)

É a partir deste conhecimento prévio, dando problemas, propondo questões e/ou novas situações para que os alunos resolvam, portanto, desequilibrando-os, que eles terão condições de construir novos conhecimentos, ou seja, atingindo um novo estado de equilíbrio.

Os estudos de Piaget nos mostraram duas condições bastante importantes para o aprendizado: a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual que tem lugar na construção deste aprendizado, sobretudo em crianças e jovens, e a importância da tomada de consciência destas crianças e jovens sobre seus atos nessas ações.

Sabemos que tanto para os alunos quanto para o professor esta passagem da ação manipulativa para a ação intelectual não é fácil. Para o professor é mais cômodo expor de uma vez o conteúdo a ser ensinado em vez de conduzir o aluno, intelectualmente, por meio de questionamentos, sistematizações de ideias e de pequenas exposições. Carvalho (2013) ressalta que:

O professor precisa dar tempo para que o aluno pense, organize ideias, exponha-as, argumente e, se for o caso, cometa e avalie erros. Para Piaget, o erro quando trabalhado e superado pelo próprio aluno é mais produtivo para o aprendizado do que muitas aulas expositivas, quando a o aluno apenas segue o raciocínio do professor e não o seu próprio (p. 3).

2.2.3 – Piaget: Implicações na Educação

Terminamos esta breve exposição sobre as principais ideias de Piaget relatando algumas implicações que consideramos importantes na construção da nossa concepção de Ensino: 1) Entendemos ser um pressuposto lógico que uma teoria que explique a gênese do conhecer humano tenha repercussões sobre a Educação. 2) Quem constrói o conhecimento e as formas de conhecer é o sujeito em interação com o objeto do conhecimento. O educando é um sujeito em construção e tem um papel ativo no seu processo de desenvolvimento cognitivo. 3) O sujeito tem sua própria forma de elaborar o conhecimento a cada fase do seu desenvolvimento cognitivo. 4) O método clínico de entrevista sugere uma forma especial de trabalho do professor com o aluno. Nestas situações é dada oportunidade para que o aluno possa expressar seus argumentos, suas concepções e suas explicações sobre o mundo. Nas nossas salas de aulas, geralmente é só o professor que fala, e de um conhecimento já elaborado. 5) A importância do problema na construção do conhecimento. 6) A importância dos conhecimentos prévios.

Não pretendemos, e nem seria possível esgotar o tema das contribuições de Piaget nesta pequena lista que acabamos de elaborar. Apenas ressaltamos algumas contribuições que, nos parece, surgem de imediato ao refletirmos sobre o paradigma piagetiano aplicado à Educação.

Também queremos salientar que nos utilizaremos das concepções acima expostas, sobretudo para fundamentar os pressupostos do Ensino por Investigação e das Sequências de Ensino Investigas (SEIs), temas que serão tratados nas próximas seções deste trabalho.

Dando prosseguimento à exposição dos nossos referenciais teóricos passamos a descrever o paradigma Vigotskiano.

2.3 – Vigotski e suas contribuições para o Ensino

2.3.1 – O Psicólogo

Lev Semenovich Vigotski nasceu em 17 de novembro de 1896, na cidade de Orsha, próxima a Minsk, capital da Bielorrússia, que era um país da antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas. Viveu grande parte da sua vida com sua família, que tinha uma situação econômica confortável, em Gamel (região da

Bielorússia). Na sua casa imperava um ambiente de intelectualidade onde pais e filhos debatiam sistematicamente sobre vários assuntos.

Crescendo neste ambiente, desde cedo o jovem Lev interessou-se pelo estudo e pela reflexão em diversas áreas do conhecimento. A maior parte da sua educação formal foi realizada em casa, com instrutores particulares. Na Universidade de Moscou, formou-se em 1917, em Direito. Paralelamente a este curso, frequentou cursos de filosofia e história na Universidade Popular de Shanyavskii, foi também nesta entidade que aprofundou seus estudos nas áreas de psicologia, filosofia e literatura, o que foi de grande valia para a sua vida profissional. Alguns anos mais tarde, devido ao seu interesse em trabalhar com problemas neurológicos, estudou medicina.

2.3.2 – As contribuições do psicólogo

O objetivo inicial de Vigotski e seus colaboradores era a construção de uma “nova psicologia” que compatibilizasse as duas principais tendências da ciência da psicologia no início do século XX, a saber: a) **A psicologia como ciência natural**, que procurava explicar processos elementares sensoriais e reflexos do ser humano utilizando-se dos métodos das ciências experimentais.

Estes métodos se caracterizavam, sobretudo, pelo uso da quantificação dos fenômenos observáveis, pela subdivisão de fenômenos complexos, em suas partes constituintes, porque se pensava que isto facilitaria a análise dos mesmos. b) **A psicologia como ciência mental**, que tomando o homem como mente, consciência e espírito, procurava explicar as suas funções psicológicas através de uma abordagem descritiva, subjetiva e direcionada a fenômenos globais, sem analisá-los considerando os seus componentes mais elementares. Esta abordagem coloca a psicologia mais próxima da filosofia e das ciências humanas.

O problema central para Vigotski e colaboradores era superar o fato de que, enquanto a abordagem experimental tinha dificuldades em lidar com as funções psicológicas superiores caracterizadas por ações controladas, atenção voluntária, memorização ativa, comportamento intencional e pensamento abstrato, a outra vertente não era capaz de produzir descrições destes processos que fossem aceitáveis pela ciência. Neste sentido, nos parece que o problema central de Vigotski e colaboradores era a construção de uma abordagem alternativa, que sintetizasse estas duas vertentes. Ressaltamos que o termo sintetizar para Vigotski não possui o sentido denotativo que lhe costumamos

empregar. Vejamos a citação de Oliveira (1997) para nos ajudar neste entendimento:

É importante destacar qual o significado de síntese para Vigotski, pois essa é uma ideia constantemente presente em suas colocações e **é central para sua forma de compreender os processos psicológicos**. A síntese de dois elementos não é a simples soma ou justaposição desses elementos, mas a emergência de algo **novo**, anteriormente inexistente. (p. 23, grifos nossos)

Portanto, ao integrarmos na nova psicologia as vertentes psicologia como ciência natural e psicologia como ciência mental estaremos diante de algo novo, essencialmente diferente dessas duas partes; o que esperamos obter é o homem “corpo-mente”, neologismo com o qual queremos enfatizar o surgimento de uma nova entidade de estudos que aborda o homem enquanto ser biológico e ser social, enquanto pertencente à espécie humana e partícipe de um processo histórico.

Vigotski deixa claro que para entendermos o desenvolvimento das funções psicológicas superiores tipicamente humanas devemos necessariamente considerar as influências da dimensão social sobre as mesmas, enfatizando que o ser humano constitui-se enquanto tal nas suas relações com os seus semelhantes. Por outro lado, também dá grande importância ao cérebro como substrato material no desenvolvimento psicológico, portanto suas concepções englobam a natureza dual do ser humano: membro de uma espécie biológica que somente se desenvolve no interior de um grupo social. Oliveira (1992) nos clarifica este ponto ao mencionar que:

As concepções de Vigotski sobre o 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. (p. 24)

Analisando os aspectos que acabamos de mencionar, podemos compreender pelo menos três princípios centrais no paradigma Vigotskiano: 1) As funções psicológicas se ancoram em suporte biológico, uma vez que são produzidas pela atividade cerebral; 2) os suportes dos processos psicológicos são

as relações sociais que o indivíduo tece com o mundo exterior em um processo histórico; e 3) estas relações sociais (homem/mundo) são intermediadas por sistemas simbólicos.

O primeiro princípio que nos diz que as funções psicológicas têm uma base biológica, por terem lugar no cérebro, contempla uma das faces da psicologia: a de que o homem, como qualquer ser vivo, possui uma existência material que impõe limites e possibilidades ao seu desenvolvimento. Isto, no entanto, não quer dizer que este órgão tenha funções pré-fixadas e imutáveis, o que pouco contribuiria para a nossa compreensão das funções psíquicas humanas. Na verdade as formulações Vigotskianas indicam, segundo Oliveira (1997) que:

[...] o cérebro é um sistema aberto, de grande plasticidade, cuja estrutura e modos de funcionamento são moldados ao longo da história da espécie e do desenvolvimento individual. Dadas as imensas possibilidades de realização humana, essa plasticidade é essencial: o cérebro pode servir a novas funções, criadas na história do homem, sem que sejam necessárias transformações no órgão físico. Essa ideia de grande flexibilidade não supõe um caos inicial, mas sim a presença de uma estrutura básica estabelecida ao longo da evolução da espécie, que cada um dos seus membros traz consigo ao nascer. (p. 24)

Permitimo-nos expor essa citação um pouco mais longa porque a consideramos fulcral no desenvolvimento do nosso trabalho uma vez que o cérebro humano, ao apresentar esta plasticidade, possibilita que o sujeito possa interiorizar outras culturas como, por exemplo, aspectos da cultura científica apresentados e trabalhados em aula sem que seja necessário que este órgão sofra mudanças físicas para tanto.

O segundo princípio nos diz que os suportes dos processos psicológicos são as relações sociais que o indivíduo tece com o mundo exterior: a transformação do homem de ser biológico e sócio-histórico, sendo a cultura uma parte fundamental na construção da natureza humana. Entendemos que este processo de desenvolvimento está intimamente ligado ao fenômeno do aprendizado e tem início já a partir do nascimento da criança, por isso, o aprendizado é imprescindível para o desenvolvimento das funções psicológicas humanas as quais, como dissemos, são organizadas culturalmente. Assim, este processo de desenvolvimento obedece a um percurso que em parte é influenciado pelo nível de maturação do organismo individual, porém é o

aprendizado que desperta os processos internos de desenvolvimento que não ocorreriam na ausência de contato do indivíduo com os seus pares e com o ambiente cultural onde vive.

A importância do contato social com os seus pares materializa-se no conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), importante para o planejamento do aprendizado, e que pode ser definido como a distância entre o “nível de desenvolvimento real”, determinado pela capacidade de resolver um problema sem ajuda, e o “nível de desenvolvimento potencial”, determinado pela resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outro companheiro. Observe-se que Vigotski refere-se a esse conceito sob a denominação de zona de desenvolvimento imediato como sendo “um índice de inteligência que se baseia no que a criança pode fazer orientada” (Vigotski, 2004; p.510).

É imediata a relação da ZDP com a importância dos trabalhos em grupo em algumas atividades propostas na sala de aula. Nestes momentos os alunos se sentem mais à vontade porque uma boa parte deles está praticamente dentro da mesma ZDP e isto pode facilitar a comunicação dentro do grupo, e assim levar à construção do conhecimento. Este é um fato, largamente aceito e pesquisado nos meios educacionais; citamos, como exemplo, Hatano & Inagaki (1989), que a denominam de interação do tipo *horizontal*:

Nós acreditamos que a construção do conhecimento através das interações sociais pode ser observada com maior frequência em outro tipo de interação, isto é a *horizontal* (como na interação entre pares). Falando de modo geral, o membro menos maduro numa interação *vertical* não se sente motivado para a construção do conhecimento, porque ele ou ela acredita que o outro membro possui ou pode construir este conhecimento mais facilmente. Mesmo quando solicitado a dar uma explicação, ele se concentrará na resposta do membro mais capaz, em vez de descobrir, como é frequentemente observado nas interações entre o professor e os alunos. (tradução nossa, p. 333)

Por outro lado, precisamos esclarecer que as interações verticais quando utilizadas adequadamente pelo membro mais capaz, que na escola, em geral é o professor, mas pode ser um colega mais apto, também pode ser um importante instrumento na aprendizagem tanto coletiva quanto individual dos alunos. Vigotski enfatiza a importância das ações do professor nestas interações, pois sendo o

membro mais apto na utilização de ferramentas intelectuais para a construção do conhecimento, pode ajudar os alunos na utilização destas ferramentas o que, segundo ele, seria um indicador de desenvolvimento cognitivo (Carvalho 2013, p. 5)

Finalmente, vamos nos ater um pouco ao terceiro princípio das formulações Vigotskianas: a que trata das mediações das relações homem/mundo. Carvalho (2013) escreve que:

[...] os processos sociais e psicológicos humanos “se firmam por meio de ferramentas, ou artefatos culturais, que medeiam a interação entre os indivíduos e entre esses e o mundo físico”. Assim o conceito de interação social mediada por artefatos sociais e culturalmente construídos (o mais importante deles é a linguagem) torna-se importante no desenvolvimento da teoria Vigotskiana, uma vez que mostra que a utilização de tais artefatos culturais é transformadora do funcionamento da mente, e não apenas um meio facilitador dos processos mentais existentes. (p.4)

Novamente permitimo-nos apresentar esta citação, um pouco mais longa, para podermos enfatizar a importância das ferramentas culturais, especialmente as interações discursivas, com ênfase especial para a linguagem, conforme definição apresentada na Introdução deste trabalho, no desenvolvimento das funções psíquicas.

2.3.3 – O pensamento e a linguagem

Baseando-nos em Mercer (1995) exporemos algumas ideias que julgamos importantes para este trabalho quando falamos de linguagem. A palavra é um traço exclusivo do ser humano, seu traço distintivo. O ser humano é um ser constituído pela linguagem. Quando faz a associação entre palavras e sinais, cria a escrita, uma ferramenta que ampliou sua capacidade de comunicar-se no tempo e no espaço. As atividades de representar, comunicar e expressar, relacionadas às vivências são ferramentas para a construção de significados que são incorporadas aos saberes dos indivíduos. Os sentidos são construídos na relação entre a linguagem e o universo natural e cultural em que nos situamos. O desenvolvimento das capacidades de representação, comunicação e expressão

está relacionado ao domínio não somente da língua, mas de todas as demais linguagens, principalmente ao repertório de cada indivíduo e seu grupo social.

As linguagens são sistemas simbólicos que utilizamos para recortar, representar e relacionar tanto o que está ao nosso redor como o que está em nosso interior. É também com estes sistemas simbólicos que nos comunicamos com nossos semelhantes e expressamos nossas interações com o mundo. Na sociedade contemporânea as linguagens se multiplicam: os veículos de comunicação nos mostram gráficos, esquemas, diagramas, infográficos, fotografias e desenhos. A Economia de consumo permeia nossas vidas lançando mão de linguagens sedutoras e nos impondo a tomada de decisões. O cinema, o teatro e outras manifestações artísticas utilizam diversas linguagens que se inter-relacionam. A construção dos conhecimentos científicos funda-se em linguagens próprias, carregadas de símbolos e códigos. A automatização de setores da produção de bens e serviços exige que as máquinas sejam programadas com uma linguagem específica.

2.3.4 – Vigotski: Implicações na Educação

A obra de Vigotski pode implicar substanciais contribuições para a Educação na medida em que procura explicar como se formam as funções psicológicas tipicamente humanas como, por exemplo, a atenção voluntária, o controle das ações, o raciocínio abstrato, comportamento intencional. Destacamos, a seguir, algumas destas possíveis contribuições. 1) A valorização do papel da escola por oferecer um conteúdo e desenvolver modalidades de pensamento bastante específicos, o que pode levar à formação dos conceitos científicos. Oliveira (2013) destaca que:

Ao interagir com estes conhecimentos o ser humano se transforma: aprende a ler e a escrever, obter o domínio de formas complexas de cálculos, construir significados a partir de informações descontextualizadas, ampliar seus conhecimentos, lidar com conceitos científicos hierarquicamente relacionados, são atividades extremamente importantes que possibilitam novas formas de pensamento. Isto quer dizer que as atividades desenvolvidas e os conceitos aprendidos na escola (Vigotski chama de conceitos científicos), introduzem novos modos de operação intelectual: abstrações e generalizações mais amplas acerca da realidade. (p.104)

2) Relação entre o Ensino e o Desenvolvimento. 3) O papel do outro na construção do conhecimento. 4) O papel da imitação no aprendizado. 5) O papel do professor na dinâmica das interações interpessoais e na interação das crianças com os objetos de conhecimento. Por fim, estamos de pleno acordo com Rego (2013), ao referir-se às contribuições deste pensador, ao salientar que:

Os postulados de Vigotski parecem apontar para a necessidade de criação de uma escola bem diferente da que conhecemos. Uma escola em que as pessoas possam dialogar, duvidar, discutir, questionar, compartilhar saberes. Onde há espaço para transformações, para diferenças, para o erro, para as contradições, para a colaboração mútua e para a criatividade. Uma escola em que professores e alunos tenham autonomia, possam pensar, refletir sobre seu próprio processo de construção de conhecimentos e ter acesso a novas informações. Uma escola em que o conhecimento já sistematizado não é tratado de forma dogmática e esvaziado de significado. (p. 118)

Na sequência procuraremos expor outro conceito central do nosso trabalho: O Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP).

2.4 – Engajamento Disciplinar Produtivo

A seguir, baseando-nos em pesquisa bibliográfica, descreveremos as formulações básicas que podem nos ajudar no entendimento do que seja o Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP).

2.4.1 – O Engajamento em foco

Buscamos através de pesquisas bibliográficas entender como os estudantes podem envolver-se disciplinar e produtivamente nas atividades de ensino e encontramos algumas referências nacionais e internacionais, que descreveremos a seguir.

Com relação às referências internacionais, destacamos:

(a) National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 1991, 2000; National Science Foundation, 1997, que enfocam como metas atuais na educação a concepção de ambientes de aprendizagem que genuinamente possam engajar os estudantes nas atividades de ensino e aprendizagem;

(b) trabalhos que mostram as dificuldades em como transformar as salas de aula de ambientes nos quais os alunos simplesmente aplicam procedimentos em ambientes nos quais investigam as bases do conhecimento (Lampert, 1990)

(c) trabalhos que tratam dos esforços em fomentar o engajamento produtivo dos estudantes em Ciência: Herrenkol & Guerra, 1998; Schauble, Glaser, Duschl, Schulze & John, 1995; (d) pesquisas realizadas pelo National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 1991, 2000 mostraram que a criação de ambientes nos quais os alunos estejam realmente engajados não é comum e nem fácil de serem efetivadas; (e) esforços semelhantes para produzir ambientes que fomentem aprendizagem em Ciência são relatados nos trabalhos de: Herrenkohl & Guerra (1998); Schauble, Glaser, Duschl, Schulze, & John (1995).

No que concerne às fontes nacionais, encontramos algumas diretrizes em documentos oficiais e em trabalhos que passamos a mencionar:

(a) O documento Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) que destaca:

A nova escola de ensino médio não há de ser mais um prédio, mas um projeto de realização humana, recíproca e dinâmica, de alunos e professores **ativos e comprometidos** (grifos nossos) em que o aprendizado esteja próximo das questões reais, apresentadas pela vida comunitária ou pelas circunstâncias econômicas, sociais e ambientais. (p.11)

Entendemos que “alunos ativos e comprometidos” quer significar alunos envolvidos produtiva e disciplinarmente conforme mencionado na Introdução deste trabalho. (b) O documento Proposta Curricular do Estado de São Paulo que destaca:

[...] características cognitivas e afetivas são cada vez mais valorizadas, como capacidade para resolver problemas, trabalhar em grupo, continuar aprendendo e agir de modo cooperativo, pertinente em situações complexas. (p. 5)

Entendemos que estes objetivos são a expressão, utilizando-se outros termos, de os alunos se engajarem produtiva e disciplinarmente nos temas e conteúdos de uma disciplina.

(c) Sasseron (2013,) nos diz que:

[...] Para tal fim as ciências abordadas em sala de aula precisam ser mais que uma lista de conteúdos disciplinares e devem permitir também o **envolvimento** (grifo nosso) dos alunos com características próprias do fazer da comunidade científica; entre elas: a investigação, as interações discursivas e a divulgação de ideias. (p. 42)

(d) Nas pesquisas sobre Ensino por Investigação desenvolvidas por Sasseron (2009), a autora tem percebido e proposto a necessidade do envolvimento dos alunos nas discussões e nas atividades de ensino:

Propomos então sequências didáticas que objetivem introduzir os alunos no universo das Ciências, tendo, como prerrogativa, gerar possibilidades aos estudantes para que se **envolvam** com problemas e questões relacionados a fenômenos naturais. (p. 147, grifo nosso)

Nesta mesma linha outra pesquisadora que também faz referência à questão do envolvimento dos alunos é Carvalho (1999), ela escreve:

A ideia central de todas as atividades parte do princípio de que um aprendizado significativo dos conhecimentos científicos requer a **participação dos estudantes** (grifos nossos) na (re)construção dos conhecimentos que, habitualmente, se transmitem já elaborados. (p. 10)

Também nestas referências entendemos que os termos “envolvimento”, “envolvam” e “participação dos estudantes” têm o sentido de os alunos engajarem-se produtiva e disciplinarmente.

Podemos perceber que tanto na literatura internacional quanto nacional há a preocupação com o planejamento de ambientes que possibilitem aos alunos o aprendizado dos tópicos de uma disciplina e que este planejamento não é uma tarefa trivial.

Como ressaltamos na introdução deste trabalho, a nossa pergunta de pesquisa procura responder ao questionamento exposto por esta pesquisa bibliográfica propondo que um Ensino por Investigação possa dar conta de levar os alunos ao Engajamento Disciplinar Produtivo, que passaremos a discutir a seguir.

2.4.2 - O Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP): características e estratégias.

Engle & Conant (2002) explicam o conceito de EDP, descrevendo cada uma das partes que o compõe: a) Engajamento: evidências de engajamento podem ser observadas através das interações discursivas dos alunos entre si e/ou com o professor nas situações de sala de aula. Acrescentamos que consideramos também como interações a serem consideradas aquelas que ocorrem entre os estudantes e os materiais físicos. Tais interações estão relacionadas a questões do tipo: Como os estudantes estão participando? Qual proporção da turma está participando? As contribuições dos estudantes estão em consonância com as dos colegas? Portanto, parece-nos que podemos inferir engajamento quando estudantes fazem contribuições substantivas (que agregam elementos significativos) para os tópicos em discussão; estas contribuições são feitas em coordenação com as dos colegas e não de forma independente; poucos estudantes estão envolvidos em tarefas alheias ao tópico abordado no momento; os estudantes estão atentos uns aos outros; frequentemente demonstram envolvimento passional e os estudantes, espontaneamente, permanecem interessados no tópico por mais tempo.

b) Engajamento Disciplinar: O uso do termo “disciplinar”, no contexto escolar, designa o fato do estudante ter a habilidade de transitar entre o discurso escolar em geral e o discurso científico em particular. Entendemos que uma situação característica de Engajamento Disciplinar pode ser a que segue: o professor propõe uma atividade para os alunos realizarem em pequenos grupos. Os alunos podem gostar da atividade por a acharem lúdica e envolverem-se em sua resolução, assim teríamos o Engajamento. Com o desenvolvimento da atividade os alunos tomam consciência de que devem obedecer a determinadas regras, tais como: prazo de entrega; regras de formatação para a apresentação escrita; construir um plano de trabalho; seguir procedimentos específicos de um trabalho em laboratório; etc. Neste ponto teríamos o Engajamento Disciplinar.

c) Engajamento Disciplinar Produtivo: o engajamento é dito disciplinar produtivo na medida em que leva a um progresso intelectual (Hatano & Inagaki, 1991; Herrenkohl & Guerra, 1998; Hiebert et al. 1996).

Entendemos que os autores citados ao utilizarem o termo “progresso intelectual” estariam se referindo ao que Cunha (2008, p.37) nomeia de

“conhecimento de menor valor” para “conhecimento de maior valor” que é um dos problemas centrais da Epistemologia, entendida aqui como construção do Conhecimento. Trata-se, por exemplo, conforme o paradigma Kantiano, de se passar de um conhecimento *a posteriori*, caracterizado por ser empírico, para um conhecimento *a priori*, que não precisa da experimentação para ser comprovado; é um conhecimento geral, universal e necessário, não varia com a subjetividade de quem o propõe nem com as condições do ambiente. Um exemplo de tal conhecimento: “Na Geometria Euclidiana, a menor distância entre dois pontos é uma reta”; tal asserção expressa um juízo *a priori*, uma vez que nada está sendo dito sobre uma reta em particular ou dois pontos específicos. Não precisamos lançar mão da experiência para verificar tal afirmação, pois ela é universal e necessária.

O termo disciplinar produtivo também depende das tarefas e tópicos da disciplina da qual se está tratando e dos conhecimentos prévios do estudante no momento em que inicia a busca pela solução de um problema. Também entendemos que o termo “disciplinar produtivo” pode significar “fazer ciência” nos termos colocados por Jiménez-Aleixandre et. al. (2000). Neste trabalho os autores colocam que um obstáculo para se “falar ciência” (portanto, progredir intelectualmente) pode estar no conjunto de ações e atividades ou procedimentos formais que compõem a rotina escolar (“fazer escola”), assim, aplicar o conceito de procedimentos formais na escola é se perguntar se o que está sendo feito na sala de aula é: (1) cumprir expectativas do que se espera que os estudantes e professores façam enquanto na escola (por exemplo: visto nas lições de casa, tomar notas das aulas teóricas, fazer avaliações, completar relatórios de atividades de laboratório, etc.), ou (2) um ambiente que tanto promova e facilite as construções dos estudantes, suas representações e avaliações de hipóteses quanto seus métodos de investigação.

Diante de tais ideias, Engle & Conant (2002) dizem que podemos ainda mencionar como indicadores de engajamento disciplinar produtivo outros aspectos como: o fato dos argumentos utilizados pelo estudante, para defenderem os seus pontos de vista, se tornarem mais sofisticados com o decorrer do tempo; o surgimento de novas questões devido às interações discursivas; o reconhecimento do próprio erro; a produção de novas relações entre ideias e ações planejadas para alcançar um objetivo.

Quanto às estratégias, para enfrentar o desafio de elevar o Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP), ou em outras palavras, de fomentar ambientes onde a turma possa engajar-se disciplinarmente e produtivamente, Engle e Conant (2002) propõem que o planejamento destes ambientes de aprendizado devem incorporar os quatro princípios descritos a seguir: (1) **Problematização**: Os estudantes devem ser encorajados a assumir problemas intelectuais (e.g., Hiebert et al., 1996); (2) **Autoridade**: Deve ser atribuída autoridade aos estudantes para enfrentarem tais problemas (Lampert, 1990); (3) **Responsabilidade**: o trabalho intelectual dos estudantes deve ser feito de forma responsável para com os colegas e com as normas disciplinares; (4) **Recursos**: Deve ser fornecido aos estudantes os recursos necessários para que possam realizar tudo o que foi exposto nos itens anteriores (Barron et al., 1998).

Engle e Conant (2002) formularam estes princípios e o próprio conceito de EDP quando estudavam uma sala de aula onde as atividades de ensino eram planejadas considerando os pressupostos de um programa de ensino que alguns pesquisadores americanos denominam de “*Fomentando Comunidades de Aprendizizes*” (*Fostering Communities of Learners*) (tradução nossa). As bases teóricas deste programa instrucional, desenvolvido por Brown e Campione (1996), serão descritas a seguir.

2.4.2.1 - As Bases Teóricas do Programa “Fomentando Comunidades de Aprendizagem”

Aplicado, na década de 1990, em escolas elementares do interior dos Estados Unidos, este programa foi concebido para promover o pensamento crítico e habilidades de reflexão subjacentes às múltiplas formas de alfabetização como: leitura, escrita, argumentação, sofisticação tecnológica etc. No desenvolvimento das atividades em sala de aula, valoriza muito os processos sem se descuidar dos conteúdos. Por exemplo, é solicitado aos alunos que pratiquem pesquisas como atividade para que sejam levados a se envolverem com o entendimento dos textos, que escrevam comunicados, se envolvam com a solução de problemas, e assim por diante. Assim, o programa Fomentando as Comunidades de Aprendizizes (FCL) deve ser visto como um sistema de atividades interativas que resulta em um ambiente de aprendizagem conscientemente reflexivo e ativo.

Em uma versão mais simples a FCL funda-se em três pontos chaves: (1) Os alunos participam em grupos de pesquisas independentes sobre algum aspecto do tema investigado, cujo domínio é de responsabilidade de todos os membros da classe. (2) Isto requer que compartilhem com seus pares suas opiniões e informações. (3) Este compartilhamento é ainda mais motivado por uma atividade que é planejada para instigar um grande envolvimento por parte dos alunos no processo de ensino e aprendizagem que é denominada de tarefa consequente (*consequential task*; tradução nossa). É uma atividade que exige que todos os estudantes aprendam todos os aspectos do tema em comum. Esta atividade pode ser tão tradicional quanto um teste (ensaio, prova, exame *etc.*), ou um problema, enigma, exame oral, ou alguma atividade não tradicional como a concepção de um “parque biológico” para proteger espécies em perigo. Estas três atividades chave – (a) pesquisa, (b) compartilhar informações e (c) a execução de uma *consequential task* – são todas supervisionadas e coordenadas por autorreflexão consciente por parte de todos os membros da comunidade. Além disso, para que os ciclos de pesquisa produzam resultados, todos os participantes devem tentar entender em profundidade o conteúdo disciplinar que está sendo trabalhado.

A figura 1 ilustra a espinha dorsal de um FCL, versão simples:

Fig. 1 – Comunidade de aprendizes: sistema básico

Após esta exposição dos fundamentos do programa de ensino FCL, que consideramos necessária, pois é de onde surge a ideia de Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP), passamos à exposição de como, a partir desses fundamentos, Engle & Conant (2002) conceberam o conceito de EDP.

2.4.3 – O EDP como implicação direta do programa FCL

Ao estudarem sobre o programa FCL, Engle & Conant (2002) encontraram os princípios que já expusemos no item **2.4.2 - Engajamento Disciplinar Produtivo: Características e Estratégias**. Conforme suas próprias colocações, elas buscavam por princípios que fossem gerais o bastante para serem úteis no entendimento de outros possíveis casos de EDP e que também pudessem guiar futuros esforços no planejamento de tais ambientes. Denominaram estes princípios de “princípios guia” por visualizarem o seu potencial em conduzirem, momento a momento, as decisões dos profissionais que trabalham para engajar os estudantes com as ideias e as práticas de uma disciplina; também afirmam que estes princípios podem ser considerados “princípios de design” na medida em que foram abstraídos do layout de ambientes de aprendizagem para ajudar a explicar como estes ambientes funcionam. Insistem que, ao contrário de muitos princípios de design, aqueles por elas propostos não foram concebidos no ato de planejar ou replanejar tais ambientes, mas, em vez disso, o foram enquanto tentavam explicar um fenômeno complexo, depois da sua ocorrência.

Desta forma, estes princípios identificaram regularidades nas ações dos professores dos FCL, desenvolvedores de currículo e outros planejadores de aprendizagem que podem ajudar a explicar o engajamento dos estudantes; ressaltam que estas regularidades não foram concebidas a priori, mas observadas no momento em que ocorriam nos ambientes FCL. Uma comparação dos princípios guias propostos por Engle & Conant (2002) e as formulações básicas do FCL nos mostra a perfeita coerência entre os citados princípios e as ditas formulações.

A seguir, procuraremos expor as ideias fundamentais do que entendemos por Sequências de Ensino Investigativas por ser um tópico basilar no desenvolvimento deste trabalho uma vez que temos como uma de nossas hipóteses centrais que a SEI pode levar ao EDP. Procuramos desenvolver o tema em três blocos: Investigação científica, Ensino por Investigação e Sequências de Ensino Investigativo.

2.5 – Investigação Científica

Para iniciar este bloco, entendemos que vale a pena expor os aspectos mais gerais do que possa ser uma investigação científica, especialmente no que diz respeito ao ensino por investigação. Em sua forma essencial, investigação científica é o que os cientistas fazem quando investigam a natureza. De acordo com o National Science Education Standards (National Research Council, 1996): *“investigação científica se refere às diversas maneiras pelas quais os cientistas estudam o mundo natural e propõem explicações baseadas em evidências derivadas dos seus trabalhos”* (p. 23). Investigação significa olhando para ou investigando algo, é uma busca, uma tentativa para descobrir este algo, implica a percepção de profundidade sobre o que se busca conhecer. Tem a qualidade de penetrar algo, indo fundo, assim você pode ver o que você não foi capaz. Quando você começa uma investigação, você está deliberadamente procurando pelo que você não sabe.

Como esta procura é conduzida, as regras sobre o que constitui uma evidência, a lógica que é aplicada para elaborar conclusões, as técnicas especiais que são usadas para se obter informações – tudo isto é desenvolvido por uma comunidade de cientistas praticantes e descritas por filósofos da ciência. Para os nossos propósitos, concebemos o termo investigação científica quando aplicado à educação escolar como a possibilidade de que os estudantes aprendam ciências fazendo uso de ações que se aproximam do fazer científico. Não esperamos que os alunos venham a agir como cientistas, como nos diz Carvalho (2013):

O que se propõe é muito mais simples – queremos criar um ambiente investigativo em sala de aula de Ciências de tal forma que possamos ensinar (conduzir/mediar) os alunos no processo simplificado do trabalho científico, para que possam gradativamente ir ampliando a sua cultura científica, adquirindo, aula a aula, a linguagem científica. (p. 9)

Esperamos que um ensino inspirado na investigação científica contribua para a formação de cidadãos autônomos, bem informados e partícipes dos problemas do seu tempo. Para tanto, necessitamos de um ambiente de aprendizagem aberto e com os recursos suficientes para gerar questões que sejam interessantes e importantes para os estudantes e onde estes recebam a assistência necessária para esboçarem estratégias produtivas para solucioná-las.

Após esta breve exposição do termo “investigação científica”, achamos ser necessário falar um pouco sobre o que entendemos por “ensino por investigação” para, finalmente chegarmos ao conceito de sequências de ensino investigativo.

2.6 – Ensino por Investigação

Há uma tendência em se tratar o processo de ensino denominado “ensino por investigação” como se fosse algo inovador, uma abordagem recentemente desenvolvida para o ensino de ciências, porém veremos que este não é bem o caso. Diríamos que o Ensino por Investigação pode não ser recente, mas certamente é algo inovador, pois a norma, na maioria das salas de aula, são alunos passivos, apenas recebendo informações.

2.6.1 – Breve histórico

A seguir, apresentaremos um resumo do texto elaborado por Deboer (2006, p. 17) que faz um relato histórico da concepção de ensino denominada “Ensino por Investigação”. O termo Ensino por Investigação tem uma longa e variada história, tem feito parte do contexto educacional desde, pelo menos, metade do século XIX e, independentemente dos argumentos relacionados à Filosofia Educacional vigente em cada época que procuram justificar o seu uso, o Ensino por Investigação permanece como um aspecto significativo da educação em Ciências ao longo dos anos.

No início do século XIX, a Ciência torna-se parte do currículo escolar regular e a investigação científica era tida como um caminho para desenvolver o raciocínio indutivo dos aprendizes, algo que as outras disciplinas não poderiam fazer. No início do século XX, os estudantes eram estimulados a aplicarem métodos gerais de investigação científica em problemas de natureza social. Por volta das décadas de 50 e 60 o foco mudou destes problemas práticos para um tratamento mais rigoroso e formal das disciplinas científicas. Estas mudanças teriam ocorrido, em parte, para estimular o desenvolvimento intelectual do estudante, mas também porque se buscava suprir deficiências encontradas nas formações técnicas e científicas demandadas pela sociedade.

Estas novas concepções também proviam um novo suporte para o Ensino por Investigação ao enfatizar a congruência entre investigação científica e um ensino efetivamente centrado no estudante. Pode-se salientar que esta

concepção de ensino era consistente com uma pedagogia de cunho construtivista que começava a despontar nesta época.

É importante reconhecer, contudo, que ainda hoje não há um modo simples de se pensar sobre o que é o Ensino por Investigação e não há argumentos simples que justifiquem o seu uso. É uma abordagem multifacetada para o ensino que pode ser usada para a realização de diferentes propósitos. Entender a variedade de modos pelos quais o ensino por investigação pode ser usado e a variedade de significados que ele pode ter, poderia ajudar os educadores em direção a pedagogias que sejam eficazes e motivadoras para os estudantes e que aprofundem seus engajamentos intelectuais com as ideias científicas e que lhes possibilite melhor senso do que seja a Ciência.

Neste ponto terminamos a exposição das ideias de Deboer sobre o tema Ensino por Investigação. Neste trabalho o termo “investigação científica” será usado para nos referirmos ao processo geral de investigação que os cientistas usam quando eles tentam responder questões sobre o mundo natural e o termo “ensino por investigação” será usado para nos referirmos a abordagens pedagógicas que são inspiradas em aspectos da investigação científica.

O ensino por investigação espelha-se na investigação científica por enfatizar o questionamento, a investigação e a solução de problemas por parte dos estudantes da mesma forma que os cientistas conduzem suas investigações e pesquisas no laboratório, no campo, utilizando bibliografias e em discussões com colegas. Trabalhando orientados por essa concepção os estudantes podem se engajar em atividades similares em aulas por investigação.

A ciência, como praticada por cientistas e estudada nas aulas, é ambos, processo e produto. É um “corpo” de observações ricamente interconectadas e interpretadas sobre o mundo natural e um conjunto de procedimentos e regras lógicas que guiam estas observações e interpretações. O mesmo é verdade para a aula de ciência.

A ciência pode ser estudada pelos seus conceitos interconectados, mas também pode ser praticada nas salas de aula de um modo similar àqueles usados pelos próprios cientistas. O ensino por investigação usa o processo geral da investigação científica como sua metodologia de ensino.

É importante notar, contudo, que ensino por investigação não requer que os estudantes se comportem exatamente como os cientistas. Investigação

científica é simplesmente uma metáfora para o que se passa em uma sala de aula onde se pratica o ensino por investigação.

Além de ser um modelo para o ensino de Ciência, os processos próprios da Ciência podem ser objetos de estudo, e atividades de aprendizagem podem ser explicitamente organizadas para ensinar a natureza da ciência como um processo. Por exemplo: ao estudarem como a ciência é feita os estudantes podem aprender como controlar variáveis em uma experiência, podem aprender o que é necessário para construir questionamentos considerando como uma variável influencia ou causa uma mudança em outra variável ou podem aprender sobre a importância da Matemática no desenvolvimento do conhecimento científico.

Ensino por investigação sugere uma pedagogia que é modelada após a investigação da natureza da ciência ou sugere um conteúdo a ser estudado, isto é, a natureza da ciência? Neste trabalho, a discussão será limitada ao ensino por investigação como uma pedagogia que é modelada ao longo da investigação da natureza da ciência.

Após as considerações desenvolvidas nos últimos dois blocos, temos todo o embasamento teórico para apresentar o conceito de Sequência de Ensino Investigativo (SEI)

2.7 – Sequência de Ensino Investigativa (SEI)

Para os nossos propósitos consideramos que uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) é, conforme colocado por Carvalho (2011), caracterizada por um Ensino por Investigação e argumentação e na qual o estudante deva ser colocado frente a um problema que lhe seja significativo e desafiador e, também, que lhe sejam fornecidos diversos recursos para a solução do mesmo. Em resumo: uma SEI é uma sequência de ensino que trata de um conteúdo escolar e na qual as atividades são elaboradas considerando-se tanto as questões relativas ao material didático quanto às interações didáticas. Tem como meta proporcionar ao aluno condições de trazer seus conhecimentos prévios para se iniciar em novos conhecimentos, desenvolver suas próprias ideias, discuti-las com seus pares e com o professor, transitando do conhecimento espontâneo para o científico. Chamamos a atenção para o fato de que esta caracterização da SEI está plenamente fundamentada no contexto teórico que estamos apresentando

até o presente momento (as ideias de: Piaget, Vigotski, Investigação Científica e Ensino por Investigação). Externando-a, novamente, nas palavras de Carvalho (2013), talvez isto fique mais evidente:

Neste contexto é que propomos as sequências de Ensino Investigativo (SEIs), isto é, sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem os conhecimentos já estruturados por gerações anteriores. (p. 9)

Uma SEI, conforme exposto por Carvalho (2013, p.9), deve conter algumas atividades que são fundamentais para o seu desenvolvimento:

- Na maioria das vezes inicia-se com um problema experimental ou teórico que introduz os alunos no tema desejado. Este problema deve permitir que os alunos trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno estudado. Para o aluno o problema deve ter o significado de um problema “aberto” no sentido de que não tem uma solução evidente, imediata, que exige um planejamento para a busca de uma possível resposta.
- Após a solução do problema, temos uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos que deve ser preferencialmente feita através da utilização de um texto que deverá ser lido pela turma. Isto permitirá que os alunos comparem o que está relatado no texto com o que fizeram e pensaram ao resolver o problema. Neste tópico também é importante que haja um momento de sistematização individual do conhecimento realizado com atividades de escrita, diálogo e/ou desenho. Estas atividades proporcionam oportunidades para que o aluno possa clarificar, compartilhar e distribuir ideias aos seus pares e realçam a construção individual do conhecimento.
- Finalmente uma atividade que possa promover a transposição do que foi aprendido para o dia a dia dos alunos (uma contextualização), assim eles podem sentir a importância do que foi aprendido do ponto de vista social.

Esta é a estrutura básica de uma SEI, porém quando se tem que abordar conteúdos mais complexos passa a ser necessária a aplicação de vários ciclos como o exposto acima, ou até mesmo o planejamento de uma nova SEI.

A autora também chama a atenção para o fato de que inovações didáticas como esta que se propõem com as SEIs devem estar ligadas com inovações também nas avaliações a serem aplicadas aos alunos, pois esta nova postura metodológica é incompatível com uma postura tradicional de avaliação. Espera-se

que as novas avaliações assim sugeridas contemplem aspectos como: construção de conceitos, termos e noções científicas, ações e processos da ciência e as atitudes dos alunos durante as atividades de ensino.

A estrutura da SEI não somente facilita as avaliações dos tipos processuais e atitudinais e formativas como também as impõem como consequência natural da sua própria estrutura. Isto acontece claramente, por exemplo, na etapa da resolução de problemas em pequenos grupos quando o professor tem a oportunidade de observar se os alunos: colaboram com seus pares na busca da solução, apresentam comportamentos relacionados a uma aprendizagem atitudinal e se discutem procurando ideias que servirão de hipóteses e as testam.

No que tange aos conteúdos procedimentais, eles podem ser observados quando o aluno descreve as ações observadas, relaciona causa e efeito e explica o fenômeno observado. Em se tratando de avaliações do tipo formativa elas se concretizam nos momentos em que as SEIs possibilitam que o aluno possa refletir sobre a sua própria prática nas atividades propostas.

Devemos notar que estas colocações sobre novas abordagens para a avaliação também são destacada nas formulações do FCL.

2.8 – Os nossos indicadores de EDP

Para a análise dos dados, considerando os apontamentos sobre Engajamento Disciplinar Produtivo trazidos neste Referencial Teórico, propomos uma ferramenta analítica que nos possibilitará verificar se o mesmo pode ser evidenciado na realização das atividades, como consequência da aplicação da SEI. Referir-mo-nos a essa ferramenta como Indicadores de EDP.

Quadro 1 – Indicadores de EDP

Engajamento
E1- Discussão sobre o tema.
E2- Há trabalho colaborativo.
E3- Presença de características emocionais.
Engajamento Disciplinar
ED1- Discussão sobre ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho.
ED2- Há trabalho colaborativo para concretização de ações, proposições e/ou análise de ideias.
ED3- Presença de características emocionais relacionadas às ações para a

resolução do problema
Engajamento Disciplinar Produtivo
EDP1- Discussão sobre sofisticação de ideias e construção de relações explicativas.
EDP2- Há trabalho colaborativo na construção da explicação e reconhecimento de limites nas suas aplicações.
EDP3- Presença de evidências do uso de ideias em outros contextos, ressaltando a apropriação do conhecimento.

Comparando os indicadores E1, E2, de Engajamento; ED1, ED2, de Engajamento Disciplinar e EDP1 EDP2 e EDP3, de Engajamento Disciplinar Produtivo com as descrições propostas por Engle & Conant (2002) para caracterizá-los, não encontraremos dificuldades em perceber que estes indicadores contemplam todas as características propostas nas descrições desenvolvidas pelas autoras.

Os indicadores E3 e ED3 foram concebidos tendo em vista aspectos emocionais, conforme já indicado nos trabalhos sobre EDP. Para chegarmos à proposição dos mesmos, consideramos a noção de emoção conforme proposta por Vigotski (1999). Nesta obra o autor afirma que a emoção desempenha um papel de mediadora que une a imaginação e a realidade, e não só a imaginação que é rica em momentos emocionais, mas também o pensamento realista.

Se tomarmos o pensamento realista de um revolucionário, que reflete sobre uma complicada situação política ou estuda, que penetra nela, em suma, se tomarmos o pensamento orientado para a resolução de uma tarefa de importância vital para o indivíduo, veremos que as emoções relacionadas com tal pensamento realista são, com muita frequência, incomensuravelmente mais profundas, mais fortes e mais significativas no sistema de pensamento do que as emoções relacionadas com as visões. O importante aqui é outro procedimento de união dos processos emocionais com o pensamento. (Vigotski, 1999, p. 126).

Vigotski (2004, p.135) nos diz que o comportamento é um processo de interação entre o organismo e o meio. Este comportamento será função do tipo de relação entre estas duas entidades; ora pode prevalecer organismo; ora o meio ou pode haver um equilíbrio entre eles. Os três casos seriam a base para o desenvolvimento do comportamento emocional. Nas palavras de Vigotski:

Na origem das emoções já podemos ver nas formas instintivas do comportamento uma espécie de resultado da avaliação que o próprio organismo faz da sua relação com o meio. Todas as emoções relacionadas ao sentimento de força, satisfação, etc., os chamados sentimentos positivos, pertencem ao primeiro grupo. As emoções relacionadas ao sentimento de depressão, debilidade, sofrimento – pertencem ao segundo grupo, e só o terceiro caso será de indiferença emocional relativa no comportamento. (Vigotski, 2004; p. 136)

E conclui:

Desse modo, deve-se entender a emoção como reação nos momentos críticos e catastróficos do comportamento, tanto como os de desequilíbrio, como súmula e resultado do comportamento que dita a cada instante e de forma imediata as formas de comportamento subsequente. (Vigotski, 2004; p. 136)

Piaget (2013) também destaca a questão da afetividade na conduta humana:

Qualquer conduta, tratando-se seja de um ato executado exteriormente, ou interiorizado no pensamento apresenta-se como uma adaptação, ou, melhor dizendo, como uma readaptação. O indivíduo age apenas ao experimentar uma necessidade, ou seja, se o equilíbrio entre o meio e o organismo é rompido momentaneamente; neste caso, a ação tende a restabelecer o equilíbrio, isto é, precisamente a readaptar o organismo. (p.30)

E mais adiante nos diz: *“Concebida assim em termos de intercâmbios funcionais, a conduta supõe, por sua vez, dois aspectos essenciais e estreitamente interdependentes: um afetivo e outro cognitivo”* (Piaget, 2013; p. 31). E mais adiante: *“Segundo Claparède, os sentimentos fixam um objetivo à conduta, enquanto a inteligência se limita a fornecer os meios (a “técnica”)”* (Piaget, 2013; p. 31). Para concluir:

A vida afetiva e a vida cognitiva são, portanto, inseparáveis, embora distintas. Elas são inseparáveis porque qualquer intercâmbio com o meio supõe, ao mesmo tempo, uma estruturação e uma valorização, sem deixarem de ser menos distintas, já que esses dois aspectos da conduta não podem se reduzir um ao outro. (Piaget, 2013; p. 32)

Creemos que os indicadores relacionados às características emocionais que estão presentes neste trabalho se enquadram nas suposições acima mencionadas quando da definição do EDP.

Pelo fato de a emoção exercer este papel interno de organização do comportamento, entendemos que se pode considerar os indicadores relacionados às características emocionais como permeando todas as interações entre os indivíduos, embora nem sempre apareçam de forma explícita nas falas e imagens que temos disponíveis para a análise.

Entendemos que nossa proposta para os indicadores de EDP amplia sobremaneira aquelas propostas elaboradas por Engle & Conant (2002). Procuramos propor indicadores que contemplassem e detalhassem os três momentos do EDP especificados na sua definição. Pensamos nos indicadores E1, E2 e E3 para explicar o engajamento inicial da turma com a atividade, quando da apresentação do problema.

Observamos, em várias situações das aulas que ministramos bem como de outros colegas professores e também nas aulas analisadas nesta pesquisa, a ocorrência desses três indicadores na fase de problematização da atividade. Os alunos podem gostar da tarefa, iniciando a discussão sobre o tema (E1); podem iniciar um trabalho colaborativo (E2) e nestas interações podem ocorrer manifestações emocionais (E3). Com esta proposta, cremos poder verificar o Engajamento.

Uma vez que os alunos tomam consciência da tarefa a ser realizada, interagem entre si, com o professor e com os recursos fornecidos para a solução do problema, podem ocorrer o Engajamento Disciplinar e o Engajamento Disciplinar Produtivo que, em última análise apresentam algumas características do “fazer científico” e que têm suas caracterizações (pelos indicadores que propomos) calcadas nos pressupostos do Ensino por Investigação.

Quando falamos do tema Investigação científica, vimos algumas de suas características, tais como: os cientistas discutem ideias e hipóteses tendo em vista um plano de trabalho; trabalham colaborativamente; e não é rara a presença manifestações emocionais, por exemplo, como as relacionadas à vaidade de alguns personagens que fazem ou fizeram parte da História da Ciência.

Procurando contemplar estas características do “fazer científico” relacionadas ao Ensino por Investigação, as quais, entendemos, podem estar

relacionados ao Engajamento Disciplinar Produtivo de uma turma é que, então, idealizamos os indicadores de ED e EDP.

Feitas estas considerações, a pergunta que se coloca é: como verificar a ocorrência destes indicadores?

Entendemos que para alcançar nossos intentos de verificar a possibilidade de ocorrência do EDP da turma, devemos observar as interações ocorridas em sala de aula, sobretudo as interações discursivas e as interações dos alunos com os materiais didáticos. Neste sentido, estaremos atentos às diferentes linguagens utilizadas durante a realização das atividades propostas nas aulas. Utilizaremos os pressupostos sobre linguagem desenvolvidos no referencial teórico deste trabalho. Entendemos que, em certa medida, estes pressupostos sobre linguagem já aparecem implícita ou explicitamente nos indicadores de EDP que propomos.

Esta nossa posição apoia-se nos referenciais teóricos utilizados, os quais nos permitem pensar a linguagem como um “modo social de pensamento”. Conforme Mercer (1995):

Ao descrever a linguagem como um modo social de pensamento, eu chamo a atenção para dois importantes modos pelos quais a linguagem esta relacionada ao pensamento. Um deles é que a linguagem é um meio vital através do qual representamos os nossos pensamentos para nós mesmos. O psicólogo russo Vigotski descreveu a linguagem como uma *ferramenta psicológica*, algo que cada um de nós usa para dar sentido à experiência. A linguagem é também nossa *ferramenta cultural* essencial – nós a usamos para compartilharmos experiências e, desta forma, coletivamente dar sentido a elas. A linguagem é um meio para transformar as nossas experiências em cultura e entendimento. (p.4, tradução nossa)

É principalmente por meio das linguagens escrita e falada que as sucessivas gerações têm se beneficiado das experiências do passado; e também é pela linguagem que as novas gerações compartilham, disputam e definem suas próprias experiências. A linguagem, portanto, não é somente um meio pelo qual os indivíduos podem formular ideias e comunicá-las, é também um meio para as pessoas pensarem e aprenderem juntas.

As duas funções da linguagem mencionadas acima, a função cultural (de comunicação) e a função psicológica (de pensamento) não se apresentam separadas. Sempre que falamos, temos que pensar sobre o que falamos; quando ouvimos, pensamos sobre aquilo que ouvimos.

Em se tratando do ambiente escolar, uma oportunidade que pode ser oferecida aos estudantes é a chance de envolverem outras pessoas com os seus pensamentos, usar a conversação a fim de desenvolver seus próprios pensamentos. Neste sentido fica clara a importância das atividades desenvolvidas em pequenos grupos ou com toda a turma conforme podemos verificar nos pressupostos do Ensino por Investigação.

As concepções ora expostas sobre Investigação Científica, Ensino por Investigação, Sequências de Ensino Investigativas e Engajamento Disciplinar Produtivo nortearam as atividades de sala de aula propostas para a nossa coleta de dados. Com base nestas concepções passaremos a discorrer sobre como elaboramos a Metodologia empregada na resolução da nossa questão de pesquisa.

3 – Metodologia de Pesquisa

Conforme mencionado na Introdução, a pergunta desta pesquisa é: **o Ensino por Investigação pode promover o Engajamento Disciplinar Produtivo em aulas de Física?**

Para colocar em prática nossa investigação, vamos analisar dados coletados quando da aplicação de uma sequência de ensino investigativa (SEI) sobre o tema “Dualidade Onda Partícula” em uma turma do 3º ano do ensino médio. Esta proposta de ensino foi inicialmente elaborada por Brockington (2005) e, em trabalho de Barrelo Jr (2009), modificada para que pudesse estar em consonância com ideias que sustentam o ensino por investigação.

A SEI foi aplicada ao longo de 10 aulas e, neste trabalho, analisaremos duas delas: a aula 1 – Modelo na Física e a aula 6 – O Interferômetro de Mach-Zehnder. A aula 1 foi escolhida por ser rica no que concerne a aspectos lúdicos, além de basear-se em ideias que permitem que os alunos vivenciem aspectos do “fazer científico” e algumas de suas características, como: levantamento de hipóteses, trabalhar em cooperação com os pares, construir argumentação consistente, apresentação de resultados, etc. No que concerne à aula 6, entendemos que ela poderia contribuir para que os alunos possam se conscientizar de que há um grande caminho a ser percorrido desde o momento da concepção do projeto de pesquisa, as dificuldades experimentais na obtenção dos dados, a interpretação dos mesmos e o momento da sua publicação nos meios especializados e, sobretudo, nos livros didáticos. Esta aula também nos pareceu importante por explorar a luz como um fenômeno ondulatório e, desta forma, fazendo um contraponto com a aula 2, sobre efeito fotoelétrico, em que a luz foi estudada como tendo natureza corpuscular.

Estas aulas foram ministradas pelo professor da turma, mestre em ensino de ciências, que, na época da coleta de dados, tinha mais de 15 anos de experiência como docente da Educação Básica. Esta turma de ensino médio era composta por 35 alunos.

Nas filmagens das aulas utilizaram-se duas câmeras de vídeo, uma, acompanhado o trabalho do professor e a outra os alunos quando trabalhavam em grupo. Nas duas aulas analisadas acompanhamos os grupos formados por alunos que, conforme indicação do professor, eram frequentes.

3.1 – A pesquisa

Essa pesquisa é qualitativa uma vez que vamos interpretar a fala, a escrita, os gestos e as ações de alunos e professor na sala de aula, além das suas interações com os recursos didáticos disponibilizados para a realização das atividades. Adotamos a proposta de pesquisa qualitativa em ensino de ciências proposta por Carvalho (2011, p.25), cujos atributos apresentamos a seguir:

a) É uma pesquisa direcionada ao entendimento dos processos de ensino e aprendizagem em ciências. A autora afirma que o uso do termo “direcionada” quer significar que não se está procurando entender qualquer ensino, mas no entendimento de aulas planejadas dentro de referenciais teóricos construtivistas *“dirigidas por professores que participam destes posicionamentos.”*

b) As salas de aula, em seu ambiente natural, são as nossas fontes de dados e estes são predominantemente descritivos, pois nosso objetivo é a descrição do fenômeno do ensino de ciências. O pesquisador não é o principal instrumento da pesquisa na fase da coleta de dados, apesar de ter um papel fundamental; é a câmera de vídeo o instrumento principal, pois é por meio dela que serão colhidas as imagens que serão analisadas.

c) Na Metodologia que propomos, o processo é tão importante quanto o produto. Por um lado, queremos entender o processo de ensino e essa descrição deve ser fiel ao que ocorreu; por outro lado, o produto gerado, isto é, o aprendizado pelos alunos dos conceitos ensinados também é importante, pois temos claro que somente existe ensino se tivermos como objetivo o aprendizado.

d) As hipóteses pensadas e estruturadas anteriormente orientam o nosso olhar sobre o objeto investigado. Nossos conhecimentos prévios, nossos referenciais teóricos e principalmente, nossa visão de mundo, definem o que queremos e podemos observar. No tipo de pesquisa aqui proposto, o pesquisador vai a campo com um problema bem definido, sabendo o que vai observar e, portanto, buscando evidências que comprovem ou não suas hipóteses iniciais. A maior parte é estudo de caso, em que as atividades de ensino são pesquisadas aprofundando-se nas relações professor/aluno/conteúdo, aluno/aluno/conteúdo.

e) Finalmente, a última característica é que as abstrações podem se formar e se consolidar a partir de uma análise dos dados, não num processo de baixo para cima, mas em interação entre os referenciais teóricos e os dados obtidos.

Entendemos que a proposta, ora exposta por Carvalho (2011), esteja associada às características da pesquisa que estamos desenvolvendo, pois:

- a) É uma pesquisa direcionada ao entendimento de se, e como, uma sequência de ensino investigativa pode engajar os alunos disciplinar e produtivamente com tópicos de uma disciplina.
- b) A sala de aula é a nossa fonte de dados, que são predominantemente descritivos, pois nosso objetivo é a descrição do fenômeno que leva os alunos ao EDP (queremos verificar se e como a SEI pode levar o grupo de alunos ao EDP).
- c) Para nós, o processo é tão importante quanto o produto, pois a pesquisa qualitativa é eminentemente descritiva e, portanto chegamos ao produto, isto é, as nossas conclusões pela descrição e análise do processo. Vem daí a importância do processo.
- d) As hipóteses pensadas e estruturadas anteriormente orientam o nosso olhar sobre o objeto investigado.
- e) Quanto à formação de abstrações: entendemos que a pesquisa pode nos mostrar, se existir, uma relação entre o EDP e os pressupostos de um Ensino por Investigação.

As nossas concepções sobre ensino e aprendizado já expostas neste trabalho, nos levaram a optar por trabalhar com uma sequência de ensino que tivesse atividades práticas, porque este tipo de sequência de ensino tende a facilitar as interações dialógicas em sala de aula.

Defendemos que o presente trabalho pode ser considerado um estudo de caso pelas ponderações colocadas a seguir. Chizzotti (2011) escreve, sobre a definição de estudo de caso:

[...] estudo que envolve a coleta sistemática de informações sobre uma pessoa particular, uma família, um evento, uma atividade ou, ainda, um conjunto de relações ou processo social para melhor conhecer como são ou como operam em um contexto real, e tendencialmente, visa auxiliar tomadas de decisão, ou justificar intervenções, ou esclarecer por que elas foram tomadas ou implementadas e quais foram os resultados. Constitui-se, pois, em uma busca intensiva de dados de uma situação particular, de um evento específico ou de processos contemporâneos, tomados como “caso”, compreendê-lo o mais amplamente possível, descrevê-lo pormenorizadamente, avaliar resultados de ações, transmitir essa compreensão a outros e instruir decisões. (p. 2)

Parece-nos que esta pesquisa possui as características ilustradas na citação anterior: a) escolha de um objeto de estudo definido pelo interesse em caso individual e não pelo método (O EDP de uma turma de estudantes). b) Envolve coleta sistemática de informações sobre uma atividade, ou, ainda, um conjunto de relações ou processo social e quais foram os resultados (coleta de dados enfocando as diversas interações na sala de aula).

Também, parece-nos válido considerar o nosso estudo de caso como “*um estudo de caso instrumental*”, que segundo Stake (1994) é:

É o estudo de caso que visa o exame de um caso para esclarecer uma questão ou refinar uma teoria. O caso em si tem importância subsidiária; serve somente como um apoio ou pano de fundo para fazerem-se pesquisas posteriores. Ainda que o estudo de aspectos e atividades do caso seja minudente, a intenção é auxiliar o pesquisador a compreender melhor outra questão, orientar estudos subsequentes, apurar ou corroborar hipóteses. A escolha do caso pressupõe que a sua melhor compreensão fará avançar estudos ulteriores. (p. 237)

Assim, este trabalho pode contribuir para a percepção de quais são as características de um ambiente de aprendizado que possa promover o engajamento disciplinar produtivo em uma turma de alunos.

Vale destacar ainda, no trabalho de Chizzotti (2011) outras observações:

- (1) Os que usam estudos de caso respondem que não pretendem, de um caso, extrapolar para outros, sem garantias, mas nada impede que se façam analogias consistentes com outros casos similares. As descobertas encontradas em um caso autorizam *mutatis mutandis* a justapor a transferibilidade do que foi encontrado para outros casos de mesma natureza.
- (2) É um estudo que não visa generalizações, mas um caso pode revelar realidades universais, porque, guardadas as peculiaridades, *nenhum caso é um fato isolado*, independente das relações sociais onde ocorre. (p. 5)

Defendemos que o nosso trabalho está em perfeita sintonia com as citações (1) e (2) acima mencionadas uma vez que consideramos as situações da sala de aula como sendo constituídas por fatores complexos, como considerações sobre as estruturas cognitivas dos estudantes, aspectos emocionais e sociais, entre outros. Também não intentamos generalizar os resultados, porventura encontrados nessa pesquisa, para o campo da educação em ensino de ciências,

apenas queremos verificar se e como uma SEI pode levar os alunos a engajarem-se disciplinar e produtivamente em tópicos de uma disciplina.

Para garantir a validação dos nossos dados, procuramos recorrer ao seguinte recurso: nas reuniões semanais do nosso grupo de pesquisa, os dados eram submetidos à análise crítica dos membros do grupo, todos pesquisadores na área da Educação/Ensino de Ciências (mestrandos, doutorandos, mestres e doutores).

3.2 – As questões legais

Pelo fato de utilizarmos registros em vídeo para a coleta dos dados em sala de aula, submetemo-nos às exigências éticas no tocante ao registro das aulas. Estas questões foram discutidas com o professor coordenador da unidade escolar, após o que obtivemos a anuência, por escrito, do professor aplicador da SEI, dos alunos maiores de 18 anos e dos pais ou responsáveis pelos alunos menores de idade e também do representante dos gestores da escola para a gravação das aulas e o uso das imagens como dados de pesquisa. Os nomes verdadeiros dos personagens que aparecem nas transcrições e nas apresentações, por nós efetuadas, serão substituídos por uma letra maiúscula seguida de um número inteiro maior ou igual a 1.

3.3 – Os personagens da sala de aula

A turma escolhida para a análise nesta pesquisa é uma turma de 3º ano do Ensino Médio e frequentava as aulas no período noturno.

Os alunos das turmas com as quais trabalhamos são adolescentes, em geral na faixa dos 17 anos, filhos de pais pertencentes à classe operária. A maior parte dos alunos da turma acompanhada vem do trabalho direto para escola.

O professor, que será identificado por “P” nas transcrições, no momento das gravações contava com 19 anos de experiência profissional no ensino médio na disciplina Física; é efetivo na unidade escolar; é Mestre em Ensino em Ciências; participa, há mais de 5 anos, do projeto “Transposição de Física Moderna e Contemporânea para as salas de aula do Ensino Médio de Escolas Públicas do Estado de São Paulo”, financiado pela Fapesp (FAPESP 2003/00146-

3). Estas descrições permitem inferir que se trata de um professor envolvido com questões do ensino de Física, sendo conhecedor das proposições básicas do Ensino por Investigação.

Devido à sua participação no projeto Fapesp, tínhamos contato semanal com o professor P e, desta forma, resolvemos convidá-lo a aplicar a SEI para nossa coleta de dados. Ele prontamente aceitou e então solicitamos que escolhesse, pelo menos, duas turmas de 3º ano do Ensino Médio para que iniciássemos o nosso trabalho. Os critérios de escolha determinantes consideraram a compatibilidade dos horários do professor com as nossas disponibilidades e o fato das turmas estarem adequadamente preparadas para acompanharem os temas a serem abordados na aplicação da sequência de ensino. Das duas turmas escolhidas, uma era no horário diurno e outra no horário noturno.

3.4 – A preparação para a coleta de dados

Ao longo da coleta de dados, semanalmente nos reuníamos no LaPEF (Laboratório de Ensino de Física da Faculdade de Educação da USP) para planejarmos o tópico da sequência de ensino a ser aplicada na semana seguinte, bem como, para avaliarmos o tópico aplicado na semana anterior, isto nos possibilitava orientar as nossas gravações de áudio e vídeo. Estas reuniões contavam com a presença de quatro professores de Física do ensino médio e de um aluno de mestrado do grupo do LaPEF. Entre os quatro professores, um deles atuava nestas reuniões como formador. Este professor adaptou a sequência de ensino originalmente elaborada por Brockington (2005). Nas reuniões, discutia aspectos que relacionavam o Ensino por Investigação e as propostas da nova SEI. Os outros professores eram os aplicadores da SEI em suas salas de aula.

3.5 - A Escola

A escola que acompanhamos é uma Escola da Rede Estadual Pública do Estado de São Paulo e está situada na Zona Sul de São Paulo, capital, e funciona desde 1984. Atende aproximadamente 1.800 alunos em três períodos, oferecendo turmas de Ensino Fundamental II e Médio Regular. Está vinculada à Diretoria de

Ensino Sul 2 da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. A turma foi o terceiro B noturno, que tinha em média 30 alunos frequentes.

3.6 – A Sequência de Ensino

A sequência de ensino proposta tem como objetivo investigar a natureza e o comportamento da luz. Esta sequência de ensino já foi utilizada por outros membros do grupo do LaPEF para elaborarem suas teses ou dissertações. Ela resulta de uma adaptação feita por Barrelo Jr. (2005) da proposta desenvolvida por Brockington (2005).

Um dos principais objetivos do trabalho de Brockington foi mostrar aos alunos como a Física apreende a realidade através de seus modelos. Nas palavras do autor:

Por meio da apresentação de diferentes interpretações da Mecânica Quântica, revelamos e discutimos as implicações filosóficas e epistemológicas advindas da construção da teoria atômica, para que os alunos pudessem entender, mesmo que preliminarmente, alguns dos problemas filosóficos advindos da Teoria Quântica. (Brockington, 2005, p. 6)

As alterações propostas por Barrelo Jr (2009) tiveram como intuito central permitir que o tema enfocando fosse trabalhado em sala de aula por meio de atividades investigativas.

A seguir, apresentamos o cronograma da Sequência de Ensino Investigativa utilizada para a coleta de dados.

A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA: Cronograma – Dualidade onda-partícula – 3º. E.M. – 2012 –Prof. II

Obs.: 1. As aulas 09 e 10 podem ser fundidas em uma única, a depender do envolvimento da turma

	Conteúdo	Atividade/Comentários
1.	Modelo na física	Atividade da caixa preta; questionário.

2	Efeito fotoelétrico	Simulação na sala de informática. Site: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm Após breve explicação, utilizar a simulação em 'Atividades', alterando o comprimento da onda. Observar a cor da luz e a ocorrência – ou não – do efeito.
3	Efeito fotoelétrico	Vídeo e análise da simulação. Discussão
3	Idem	Questionário sobre efeito fotoelétrico Entrega de texto para leitura em casa ao final
4	Onda ou partícula	Exposição em ppt sobre fenômenos e explicação como onda ou partícula (apresentacaofoton2904.ppt)
5	Interferômetro	Utilização do MZ real (grupos se dividem)
6	Idem	Simulação na sala de informática (applet da Universidade de Munique)
7	Interpretações da MQ	Discussão em sala (apresentação em ppt). Texto do Oswaldo ao final da aula para leitura em casa
8	Idem	Discussão e encerramento
9	Encerramento	Exposição dialogada com filosofia da ciência
10	Encerramento	Exposição dialogada com filosofia da ciência

Quadro 2 – Cronograma da Sequência de Ensino utilizada na coleta de dados (adaptada de Brockington, 2005)

A proposta de SEI de Barrelo Jr (2009) explora a contradição que se apresenta sobre a natureza da luz em alguns fenômenos físicos quando utilizamos os modelos clássicos para explicar o comportamento da mesma.

Uma das atividades-chave da SEI é a utilização do interferômetro de Mach-Zehnder e simuladores para observar o comportamento da luz e problematizar com os alunos a geração de um padrão de interferência. A partir deste fato, o objetivo é explorar as quatro principais interpretações possíveis para os fundamentos da Mecânica Quântica (MQ), conforme proposto por Pessoa Jr (2003), a saber: ondulatória, corpuscular, dualista-realista e complementaridade.

3.7 – Registros das aulas

Considerando os objetivos da nossa pesquisa, optamos por efetuar a coleta dos dados por meio de gravações em vídeo, pois este procedimento nos

possibilitava rever, tantas vezes quantas necessárias, os episódios que pretendíamos analisar, além do que também estávamos interessados em analisar os gestos, as manipulações e as falas dos personagens envolvidos nas situações de sala de aula.

As nossas gravações foram efetuadas por duas câmaras, uma fixa e voltada para o grupo de alunos que, segundo o professor, era composto por alunos com constante frequência em aulas, e a outra câmara gravando continuamente o professor e a sua interação com a turma, disposta de tal modo que permitia a tomada de cenas em que apareciam o professor e os alunos.

Nas situações em que os alunos realizavam atividades em grupo e o professor interagia com os diferentes grupos em diferentes momentos, a câmara “circulava” pela sala de aula, acompanhando o professor.

Após cada dia de gravação, as filmagens eram copiadas para um disco rígido para garantir a segurança dos dados.

As aulas gravadas compõem um banco de dados do LaPEF e, até este momento, já foram utilizadas em trabalhos que culminaram em duas teses e duas dissertações.

3.8 – Extraíndo os dados dos registros da pesquisa

A metodologia de coleta de dados que utilizamos nesse trabalho para identificarmos os indicadores de EDP nas situações da sala de aula foi a de assistirmos aos vídeos de todas as aulas e selecionamos para análise as passagens que Carvalho (1993) denomina de *episódios de ensino*:

Chamamos *episódios de ensino* aquele momento em que fica evidente a situação que queremos investigar, esta pode ser a aprendizagem de um conceito, a situação dos alunos levantando as hipóteses num problema, as falas dos alunos após uma pergunta desestruturadora, etc. Ele é parte do ensino e se caracteriza pelo conjunto de ações que desencadeia os processos de busca da resposta do problema em questão. A característica principal (ou fundamental) é que seja um ciclo completo no processo de interação entre sujeitos, mediado pelo objeto do conhecimento. (p.248)

Entendemos, conforme Erickson (1998), que qualquer tipo de registro realizado em campo não pode ser considerado dado em sua forma bruta, mas sim uma fonte de dados potenciais. Os registros somente se transformarão em dados a partir do crivo do pesquisador ao buscar respostas para as suas questões.

Com relação à fidedignidade dos dados procuramos proceder como sugerido por Carvalho (2011):

Em algum ponto da análise dos episódios de ensino, quando eles ainda estão em forma mais bruta ou quando já estão transcritos ou mesmo nestes dois momentos, sugere-se uma apresentação a um grupo de discussão ou para uma série de juízes com objetivo de maior precisão dos dados obtidos. Não é fácil fazer a relação entre teoria/dados empíricos, principalmente na análise de uma aula, que é um fenômeno bastante complexo. Assim, os juízes ou o grupo de discussão podem ajudar na segurança dos dados alcançados. É esse cuidado que chamamos de fidedignidade de nossas medidas. (p.34)

Para apoiar este procedimento de fidedignidade, em nossas reuniões semanais com o grupo de pesquisa do LaPEF, discutíamos tanto a metodologia para a obtenção dos dados a partir das gravações quanto a interpretação que estávamos conferindo aos mesmos a partir do referencial teórico e das categorias de análise propostas em nossa pesquisa.

Com relação ao procedimento de transcrição das aulas gravadas, seguimos as normas sugeridas por Carvalho (2011). A autora sugere os seguintes sinais a serem utilizados numa transcrição:

1- Para marcar qualquer tipo de pausa devemos empregar reticências no lugar dos sinais típicos da língua escrita, como ponto final, vírgula, ponto de exclamação, dois pontos e ponto e vírgula. O único sinal de pontuação a ser mantido é o ponto de interrogação.

2- () para hipóteses do que se ouviu;

3- (()) para inserção de comentários do pesquisador;

4- :: para indicar o prolongamento de vogal ou consoante. Por exemplo, “éh::”;

5- / para indicar o truncamento de palavras. Por exemplo: “o pro/... o procedimento”;

6- - para silabação. Por exemplo, “di-la-ta-ção”;

7- para quebra de sequencias temática com inserção de comentários. Por exemplo: “as partículas do arame – que é um sólido – se afastam”;

8- Letras maiúsculas para entonação enfática;

9- para turnos superpostos (falas sobrepostas) utilizamos o deslocamento (_____) e colchetes ([]) no caso de falas simultâneas;

10- para representar a simultaneidade das diversas linguagens, por exemplo, oral e gestual, deve-se alterar a formatação da fonte empregando letras em negrito, itálico ou sublinhado. Neste trabalho utilizaremos o **negrito** tanto para o texto de comentários do pesquisador, constante da coluna descrição entre parênteses duplos, quanto para o texto constante na coluna ações e gestos quando estivermos descrevendo um turno onde tal situação de simultaneidade se apresente.

11 – Utilizaremos letras maiúsculas para indicar aumento na intensidade da VOZ.

As transcrições foram dispostas em tabelas cujo modelo exibimos a seguir:

Turno	tempo	Descrição	Ação/gestos	Indicadores de EDP
-------	-------	-----------	-------------	--------------------

Na primeira coluna numeramos os turnos, em ordem numérica, a partir da unidade. Na segunda coluna colocamos o instante de tempo, sendo que o turno 1 se inicia na data zero. Na terceira coluna descrevemos, literalmente, as falas das personagens. Na quarta coluna, descrevemos as ações e gestos exibidos pelas personagens quando das suas falas e finalmente, na última coluna colocamos os indicadores de EDP.

É importante ressaltar que os indicadores de EDP não estão relacionados ao turno da fala, mas aos episódios. Assim, por exemplo, um episódio pode ter 20 turnos de fala e apresentar vários dos indicadores relacionados no Quadro 1 do Referencial Teórico. Entendemos que este procedimento pode ser considerado como aceitável para a análise por apresentar as mesmas características do procedimento adotado por Engle & Conant (2002, p.418) quando descreveram um exemplo de EDP. A única diferença da nossa abordagem em relação à dos autores citados está no fato de como foram definidos os indicadores de EDP.

No próximo bloco passaremos à análise dos dados.

4 – Análise de dados e os instrumentos utilizados para essa análise:

4- 1 Em busca dos indicadores de EDP

Com o intuito de atingirmos os objetivos deste trabalho, analisamos duas aulas buscando identificar episódios que possam exemplificar o Engajamento (E), o Engajamento Disciplinar (EP) e o Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP) da turma. As aulas foram divididas em Momentos, divisão esta que depende do tipo de aula, por exemplo, uma aula onde alunos deveriam desenvolver uma atividade trabalhando em grupos, foi dividida em três Momentos: Momento 1, apresentação do problema; Momento 2, alunos trabalhando em grupo; Momento 3, apresentação dos alunos e/ou sistematização do professor com toda a turma. Dentro desses Momentos buscamos os episódios que pudessem ser ilustrativos do E, do ED ou do EDP por meio dos indicadores de engajamento que definimos e colocamos na última coluna de cada quadro de transcrição dos episódios analisados.

Buscamos esses indicadores nas linguagens faladas e gestuais utilizadas pelos alunos enquanto trabalhavam, tanto em pequenos grupos nas atividades propostas, quanto em grande grupo, nos momentos de sistematização com o professor e a turma.

Temos a expectativa de que nosso trabalho possa ampliar as conclusões propostas por Engle & Conant (2002), porque entendemos que o EDP também possa ser alcançado quando analisamos, em sala de aula, os alunos executando atividades planejadas conforme os pressupostos de um Ensino por Investigação. Olhamos para aquelas atividades e para aqueles alunos naqueles momentos. Não verificamos, como os autores citados, sequências de ensino que demandavam longo prazo, por vezes meses, com saídas da escola, consulta à experts e proposição de pesquisas para as aulas seguintes. Enfatizamos que estes e outros autores, a exemplo de Mercer (1995), analisaram atividades em grupo, porém atividades que demandavam um período de tempo maior do que uma aula e que analisavam, muitas vezes, não somente uma atividade, mas um conjunto de atividades. Nós pretendemos verificar a possibilidade de os alunos, trabalhando em pequenos grupos e com a assistência do professor, se engajarem

disciplinar e produtivamente em atividades que compõem uma Sequência de Ensino Investigativa.

A seguir, passamos à análise dos episódios das aulas selecionadas.

4-2 Aula 1 (21/09/12) – Atividade da Caixa Preta

Descrição e análise:

Esta aula foi dividida em três momentos: momento 1, início da aula, com a apresentação do problema pelo professor; momento 2, os alunos, em pequenos grupos, trabalham na solução do problema e momento 3, apresentação feita pelos grupos sobre as soluções propostas para o problema.

Momento 1 – Início da aula: Apresentação do problema.

Este Momento da aula compreende os turnos 1 a 5. Neste intervalo de aproximadamente 2,5 minutos o professor apresenta o problema. Podemos notar pelas cenas gravadas que os alunos estavam atentos ao que era dito. Por se tratar de uma exposição longa do professor, optamos por não apresentá-la integralmente aqui, mas a mesma pode ser encontrada nos apêndices deste trabalho.

O professor explica para os alunos o objetivo geral da atividade da aula: “trabalhar como se fossem cientistas atuando num processo de pesquisa”; organiza a turma em grupos e distribui o material didático. Assim no turno 1 o professor inicia a aula com as seguintes colocações:

“O projeto que a gente vai iniciar hoje, a gente vai começar com uma atividade e essa atividade ela tem um caráter um pouquinho investigativo, ou seja, vocês vão tá trabalhando um pouco aí na perspectiva de como vocês fossem um cientista... então o que que vocês vão fazer... pessoa... nós vamos nos dividir em oito grupos... cada grupo pode ter no máximo... oito não, vai dar uma maioria de sete a oito... vai depender da quantidade de pessoas... cada um vai fazer grupo de quatro pessoas... e aí eu vou pedir o seguinte... que cada grupo fique num cantinho da sala... então vamos ver...”

A partir disso o professor divide a turma em pequenos grupos e propõe o problema. Aqui temos um dos pressupostos do Ensino por Investigação e das Sequências de Ensino Investigativa: a “problematização”. Chamamos a atenção

que a problematização também é um dos princípios guias, propostos por Engle & Conant (2002), para fomentar ambientes que promovam o EDP. O problema apresentado pelo professor é conhecido como “problema da caixa-preta”.

Entendemos que esta fala do professor tem como intenção não apenas apresentar o problema, mas, de certo modo, incentivar o trabalho dos alunos. Assim este episódio abre possibilidades futuras para o Engajamento devido a evidência da presença dos indicadores E1 (discussão sobre o tema) e E2 (há trabalho colaborativo). Nas imagens gravadas, fica evidente o envolvimento da turma, pois estão atentos ao que o professor apresenta bem como interação com o mesmo.

Entendemos que o turno 4, conforme pode ser visto no Apêndice I, possa também ser considerado como característico do indicador E1 quando A1 pergunta para o professor: “*P... e se eu imaginar que tem (bicho) aí dentro?*” Embora possa parecer uma simples brincadeira, A1 está discutindo sobre o tema. Neste caso temos uma boa oportunidade para discutir com o aluno como o trabalho científico pode ser emocionante, a busca de uma explicação para um fenômeno, o prazer que pode ser experimentado ao se compartilhar com o outro a resolução de um problema.

Continuemos a nossa análise com o Momento 2 da aula 1.

Momento 2 – Alunos pesquisam explicações para o mecanismo da caixa preta

Os alunos, em pequenos grupos, recebem uma caixa fechada. Esta caixa tem algum tipo de mecanismo interno que quando acionado permite que pequenas hastes na face externa movam-se em sentidos opostos. Ao propor o problema, o professor pede que os alunos expliquem como funciona a caixa.

Este momento da aula compreende os turnos 6 ao 286 e é composto de 7 Episódios. Durante toda a duração deste Momento da aula podemos notar que predominam episódios relacionados ao engajamento disciplinar e engajamento disciplinar produtivo, com maior ênfase para o primeiro. Isto poderá ser percebido ao longo desta Análise. Entendemos que isto possa ter ocorrido pelo fato do problema apresentado na atividade ser de fácil entendimento por parte dos alunos, e também que os recursos disponíveis para a resolução do mesmo são

simples, não requerendo maiores sofisticações tanto no seu manuseio quanto na sua compreensão.

Também pode ter contribuído para isto o fato de a atividade da caixa-preta possuir uma forte dimensão lúdica e desafiadora, importante para o processo de ensino-aprendizado. Isto está perfeitamente de acordo com os pressupostos piagetianos para uma concepção de educação assim mencionada por Cunha (2008, p.61):

Se não houver vínculos desafiadores entre o indivíduo e a matéria de ensino, vínculos que ativem a percepção do desnível existente entre o aprendiz e o conteúdo escolar, o educando não será impulsionado a estudar aquilo.

Parece-nos que outra contribuição para a ocorrência do fato em discussão é que a atividade problematizadora proposta não privilegia uma única resposta considerada correta e de ter sido apresentada aos alunos de forma clara, ou seja, os alunos parecem ter entendido perfeitamente qual era o problema a ser resolvido, e isto pode ter provocado um efeito positivo sobre o envolvimento dos alunos levando-os rapidamente ao ED (engajamento disciplinar). Ressalte-se que as colocações que acabamos de mencionar também fazem parte das formulações de um Ensino por Investigação.

Episódio-1 Os alunos pesquisam explicações para o mecanismo da caixa preta – turnos 6 a 30.

Turno		Descrição	Ação/gestos	Indicadores de EDP
6	02:29	Alunos: Conversa...	Alunos se acomodam em grupos. Isto dura mais ou menos 2 minutos.	ED1, ED2, ED3 EDP1
7	04:32	A17: Sacode aí pra ver se tem alguma coisa dentro...	Gesticulando com o braço direito	
8	04:33	A19: Não tem (não faz barulho).... não faz barulho.... Isso aqui é uma madeira.... certo?	Pega a caixinha de A17 e sacode	
9	04:36	A17: Não.... Do que será que ele é feito? Madeira?	Apontando para a parede da caixa que parece estar revestida por fita isolante preta.	
10	04:39	A19: Ele tá enrolado em alguma coisa....	Vai girando a caixa enquanto fala	
11	04:42	A18: Eu acho que é uma esponja....	Pegando a caixa das mãos de A19 e puxando a haste que sai para forma de uma das faces.	
12	04:44	A19: Não parece....		

13	04:45	A20: Eu acho que é uma	
14	04:46	A18: Por que se você tocar assim.... dá pra você sentir alguma coisa.... parece que é uma esponja...	Segurando a caixa e puxando uma das hastes enquanto fala.
15	04:50	A20: Eu acho que é uma mola....	
16	04:51	A17: Pera aí.... você só acha A19.... Gente ó....Dá licença.... A20.... Já sabemos que ele é feito de madeira e se eu puxar de um lado estica do outro.... Vai desenhando.... anotando isso....	A17 pega a caixa e puxa uma das hastes, ao mesmo tempo A19 também mexe na caixa que está nas mãos de A17, puxando uma das hastes.
17	04:11	A20: Vai.... ó.... tem um lápis.... uma lapiseira porque lápis é coisa de pobre...	Entregando o lápis para A17.
18	05:16	A18: Ele vai dar uma folha.... cê não sabe?	
19	05:20	A20: Rascunho.... rascunho.... filha... Eu posso dar uma olhada?	
20	05:25	A19: Tem um plástico aqui dentro...	Manuseando a caixa
21	05:26	A20: Deixa eu ver...	Pega a caixa de A19 e chacoalha próximo ao ouvido.
22	05:29	A19: Não.... você vai ter que mexer nos negócios e ouvir.... Faz um barulhinho meio que uma garrafa...	A20 se debruça sobre a caixa por alguns instantes tentando ouvir o que foi sugerido por A19.
23	05:44	A18: Dá pra ouvir?	Tentando pegar a caixa das mãos de A19.
24		A20: Pera....Não tou ouvindo nada...	Pega a caixa e chacoalha próximo do ouvido. Em seguida.. se debruça sobre a caixa, encostando-a no ouvido e manuseando-a
25	05:55	A19: Não... Tem sim de plástico... Puxa os dois lados.... os dois lados...	Gesticulando com as mãos movimentos opostos. Enquanto A18 pega a caixa das mãos de A20, coloca-a sobre a carteira e encosta o ouvido enquanto mexe numa das hastes.
26	06:02	A20: Eu acho que tem uma mola aí...	
27	06:10	A17: Pra que será que serve isso? Tem um negócio aqui.... ó... Deve ter uma mola.... porque você sacode assim tem um negocinho... Deve ter uma mola porque quando você sacode assim	Pegando a caixa das mãos de A18 e mostrando alguma marca numa das faces da caixa. Em seguida, balança a caixa próximo do ouvido. A19 pega a caixa de A17 e sacode, tentando justificar a sua hipótese.
28	06:27	A19: Ela faz um barulho quando você mexe.... então	A19 sacode a caixa

		eu acho que não é uma esponja.... porque se não....	próximo ao ouvido e faz uma expressão com o lábio inferior significando que nada está ouvindo.
29	06:31	A20:Eu acho que tem uma mola...	A18 coloca a caixa sobre a mesa e encosta o ouvido direito nela.
30	06:34	A17: Mas por que será que quando você puxa um lado o outro também estica?	Fazendo movimento de juntar e separar as mãos.

Quadro 3 – Episódio 1 do Momento 2 da aula 1, recorte entre os turnos 6 ao 30

Nos turnos de 7 a 15, entendemos que ocorrem os indicadores ED1 (discussão de ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho) e ED2 (Há trabalho colaborativo para concretização de ações e análises de ideias).

Pareceu-nos que as falas destes turnos podem justificar nossas suposições, pois entendemos que elas estão relacionadas ao ED, ou seja, ao trabalho colaborativo para a concretização das ações.

Há indícios dos indicadores ED1 (discussão sobre ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho), ED2 (Há trabalho colaborativo para a concretização de ações e análise de ideias) e ED3 (presença de características emocionais relacionadas às ações para a resolução do problema) no turno 16 quando A17 manifesta uma reprovação um pouco mais contundente com relação à observação que estava sendo feita por A20. Vejamos:

A17- Pera aí... você só acha A19... Gente ó... Dá licença A20... Já sabemos que ele é feito de madeira e se eu puxar de um lado estica do outro... Vai desenhando... anotando isso...

Entendemos que A17 deve estar preocupado com o andamento do trabalho em grupo, preocupação esta manifestada em sua fala, e procura sensibilizar a turma que eles devem coordenar as suas ações para a consecução dos objetivos da tarefa.

Entre os turnos 18 e 29 prevalece o indicador ED2, conforme podemos observar pela fala dos alunos. Entendemos que isto se dá porque os alunos implicitamente já adotaram um plano de trabalho que é o manuseio da caixa e a utilização dos sentidos para tentarem descobrir o mecanismo oculto e, portanto o trabalho colaborativo se manifesta.

No turno 30, entendemos que ocorre o indicador EDP1 (discussão sobre sofisticação de ideias e construção de relações explicativas). Neste ponto do trabalho do grupo, alguns alunos haviam proposto a possibilidade de haver uma mola que acionava o mecanismo. Esta hipótese parecia estar sendo aceita pelo grupo, mas A17 coloca o seguinte questionamento (turno 30):

A17 – Mas por que será que quando você puxa um lado o outro também estica?

Entendemos que A17 raciocina que se há uma mola e se você puxa a haste de um lado a haste do outro lado não deveria se deslocar em sentido contrário, pois isto contradiz o mecanismo de duas hastes ligadas por uma mola.

Episódio 2 – Este episódio vai do turno 55 ao 72, incluso. Alunos continuam o trabalho em grupo para descobrir o mecanismo da caixa-preta. Também neste episódio notamos a prevalência dos indicadores relacionados ao ED (engajamento disciplinar) e ao EDP (engajamento disciplinar produtivo).

Turno		Descrição	Ações / Gestos	Indicadores de EDP
55	08:38	A18: ((A18 encosta a caixa no ouvido por alguns instantes)) Ah.... tá ligado.... não tem uma bicicleta? A bicicleta não tem uma corrente? Não tem um rolete? É o rolete... Ó.... aqui tem uma bicicleta... Esse aqui é onde a corrente passa.... entendeu? Tem um rolete ali dentro...	Desenhando na folha de papel o que está pretendendo que os colegas entendam	ED1, ED2, ED3, EDP1
56	09:01	A17: E qual que é a função do rolete?		
57	09:03	A18: Quando você pedala e o....		
58	09:08	A20: Esqueceu da gente? ((Se dirigindo ao professor))	Se dirigindo ao professor	
59	09:09	P: Não é que eu fui dando a volta... Ó.... marquem aqui nome.... número e turma de vocês.... tá? Nome completo.... aqui vocês vão tentar desenhar no papel de maneira mais legível possível uma figura que ilustre o que vocês acham que tem lá dentro que ilustre o mecanismo que funciona ali... Então.... não se preocupa se o desenho não for todo bonito.... não é isso.... mas eu quero que vocês façam de uma maneira bem legível o que vocês acham que tem ali dentro.... aí vocês vão dialogar entre vocês e tentar chegar num consenso...((Os alunos estão tão envolvidos com a atividade que mesmo após a intervenção do professor eles continuam o trabalho, mostrando que a interrupção não lhes tirou a atenção))		
60	09:38	A20: Não tem como eu saber o que que tem aqui dentro.... mas que diacho...	Manuseando a caixa.	
61	09:42	A19: Acho que eu entendi o que ela quis dizer.... é meio que assim.... como se fosse uma engrenagem.... aí... por exemplo... se essa parte descer.... a outra também desce.... porque vai encaixando...	Desenhando na folha de papel. Depois mostra com as	

			duas mãos abertas o movimento de uma engrenagem.
62	09:50	A18: Mas se essa.... se faz diferença uma vai pro lado e outra vai pro outro...	Gesticulando com as mãos o movimento das engrenagens.
63	09:54	A20: Não.... mas como que vai ser isso?	Mostrando a haste na face da caixa.
64	09:58	A17: Não.... mas é que assim.... ele puxa essa parte vai ta rodando pra lá...	Gesticulando com as mãos.
65	10:02	A19: É meio que inclinado.... puxa de um lado.... aí essa vai se mover.... essa se movendo a outra também se move...	Mostrando com as duas mãos abertas o movimento das engrenagens.
66	10:05	A20: Aí a outra teria que vir pra dentro...	Manuseando a caixa.
67	10:10	A17: Como se isso aqui fosse o pedal....	
68	10:11	A18: Não.... esquece o pedal... Ó.... quando você abre um relógio não tem um negocio que fica girando.... um gira pra um lado e um gira pra outro? São assim.... as engrenagens...	Mostrando com as mãos como seria o mecanismo do relógio.
69	10:23	A17: Então desenha aí...	
70	10:24	A18: Mas e aquele negócio da bicicleta que você pedala?	
71	10:27	A17: Só que você coloca dois ferrinhos.... entendeu.... na ponta...	
72	10:34	A18: Igor.... per aí... Aqui.... ó.... aqui na bicicleta fica o pedal e o outro lado fica outro pedal... E aqui.... ó.... aqui em volta passa a corrente.... entendeu?	Desenhando na folha de papel.

Quadro 4 – Episódio 2 do Momento 2 da aula 1 – recorte entre os turnos 55 a 72

Logo no início deste episódio, no turno 55, temos uma fala que pode nos dar evidências do EDP1 (discussão sobre sofisticação de ideias e construção de relações explicativas). Neste turno A18 relaciona um conhecimento que possui sobre o mecanismo de funcionamento de uma bicicleta para propor uma explicação para o funcionamento do mecanismo da caixa:

“Ah... tá ligado... não tem uma bicicleta? A bicicleta não tem uma corrente? Não tem um rolete? É o rolete... Ó... aqui tem uma bicicleta... ((desenhando numa folha de papel)) Esse aqui é onde a corrente passa... entendeu? Tem um rolete ali dentro...”

Ele usa ideias de outro contexto para elaborar uma explicação para o mecanismo.

Outra hipótese que gostaríamos de salientar é quanto ao papel do professor tanto no Momento 1 – apresentação do problema, quanto no Momento 2 – trabalho em grupos. Entendemos que foi muito importante para o

desenvolvimento da atividade o fato do professor estar o tempo todo circulando pelos grupos e fazendo intervenções para manter a turma engajada na atividade. Um exemplo deste tipo de intervenção, podemos observar no turno 59, quando o professor explica para os integrantes do grupo como devem proceder para obter os dados bem como procura deixá-los tranquilos quanto aos seus desempenhos e também reforça a importância do trabalho coletivo:

“[...] marquem aqui o nome... número e turma de vocês... tá? Nome completo... aqui vocês vão tentar desenhar no papel de maneira mais legível possível uma figura que ilustre o que vocês acham que tem lá dentro que ilustre o mecanismo que funciona ali... Então... não se preocupa se o desenho não for todo bonito... não é isso... mas eu quero que vocês façam de uma maneira bem legível o que vocês acham que tem ali dentro... aí vocês vão dialogar entre vocês e tentar chegar a um consenso...”

Observe-se que tal tipo de intervenção está de acordo com os pressupostos do Ensino por Investigação que apregoa a necessidade de que a exposição do problema deve ser feita de tal forma que garanta o pleno entendimento do mesmo por parte dos alunos.

No turno 60 temos a presença do ED3 (presença de características emocionais relacionadas às ações para a resolução do problema), quando A20 exclama:

“Não tem como eu saber o quê que tem aqui dentro... Mas que diacho...”

Entendemos que a frase exprime a angústia de A20 frente às dificuldades que está encontrando para a resolução do problema. Este incômodo, portanto uma manifestação emotiva, pode ser justificado pelas colocações de Vigotski (2004) de que a educação não é somente um ato de imitação e também nunca pode limitar-se à razão; é, sobretudo, acompanhada por um ato de criação, mas este ato de criação está atrelado à emoção. Nas palavras de Vigotski:

Um pensamento emitido, um quadro pintado, uma sonata composta nascem de um estado de incômodo dos seus autores e procuram através da reeducação modificar as coisas no sentido de uma maior comodidade. Quanto maior é a tensão no incômodo e ao mesmo tempo mais complexo o mecanismo psíquico do homem tanto mais naturais e insuperáveis se tornam os seus arrebatamentos pedagógicos e maior a energia com que irrompem. (Vigotski; 2004, p. 460)

A20 encontra-se numa situação que a incomoda, precisa tentar resolver um problema e não está conseguindo progresso, daí o caráter emotivo da sua manifestação.

Em seguida, no turno 61 temos a presença do indicador ED2 (há trabalho colaborativo para concretização de ações, proposições e/ou análise de ideias), quando A19, talvez tentando minimizar o desconforto de A20 e manter o grupo estimulado, diz:

“Acho que entendi o que ela quis dizer ((se referindo à intervenção de A20 no turno 57))... é meio que assim... como se fosse uma engrenagem... aí... por exemplo... se essa parte descer... a outra também desce... porque vai encaixando...”

Entendemos que esta manifestação de A19 pode ser caracterizada como trabalho colaborativo para concretização de ações, proposições e/ou análise de ideias. Ela retoma uma ideia anterior de A20 e procura adaptá-la a uma proposta de explicação para o mecanismo da caixa.

Nos turnos 68 e 72 temos evidências da presença do indicador EDP1 (discussão sobre sofisticação de ideias e construção de relações explicativas), quando A18 diz, no turno 68:

“Não... esquece o pedal... Ó... quando você abre um relógio não tem um negócio que fica girando? Um gira pra um lado e um gira pra outro? São assim... as engrenagens...” E no turno 72: “A19.... pera aí... Aqui.... ó.... aqui na bicicleta fica o pedal e o outro lado fica outro pedal... E aqui.... ó.... aqui em volta passa a corrente.... entendeu?”

Entendemos que a fala de A18 pode caracterizar uma discussão onde está ocorrendo sofisticação de ideias buscando a construção de relações explicativas. A18 está fazendo uma analogia do mecanismo da caixa com o mecanismo de um relógio de molas. Quanto ao indicador ED2 (há trabalho colaborativo para concretização de ações, proposições e/ou análise de ideias), entendemos que ele pode ser observado em quase todo o episódio. Para dar suporte a esta conjectura estamos nos baseando nas observações das cenas gravadas para este episódio. Nelas podemos observar, pelas falas e gestos, que os alunos se encontram em trabalho colaborativo para a concretização de suas ações e análise de ideias.

Episódio 3 – Dos turnos 89 a 92 incluso. No turno 92 observamos evidências dos indicadores ED1 (discussão sobre ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho, ED3 (presença de características emocionais relacionadas às ações para a resolução de um problema), EDP1 (discussão sobre sofisticação de ideias e/ou construção de relações explicativas) e EDP2 (Há trabalho colaborativo na construção de explicação e reconhecimento de limites em que elas se aplicam). Para entendermos a presença deste indicadores repetiremos as falas transcritas:

turno		Descrição	Ações e gestos	Indicadores de EDP
89	11:58	A18: É uma mola com isso daqui... É uma mola com essa engrenagem aqui.... só pode...	Segurando a caixa e gesticulando com a cabeça o movimento exemplificado.	ED1, ED3, EDP1, EDP2
90	12:06	A20: NÃO TEM COMO COLOCAR UMA MOLA NESSE TREM AQUI.. A18...	Falando em voz alta e apontando com a caneta o desenho que está na folha de papel.	
91	12:08	A18: Tem sim A20...	Com a caixa próxima ao ouvido.	
92	12:10	A17: É que a gente não tá vendo... Tem que ver com os ouvidos... Entendeu?	Levando as mãos próximas aos ouvidos num gesto que parece significar ouvir.	

Quadro 5 – Episódio 3 do Momento 2 da aula 1 – recorte entre os turnos 89 a 92

Nossa hipótese é a de que a frase empregada por A17, no turno 92, pode ser entendida como uma discussão sobre sofisticação de ideias e/ou construção de relações explicativas (o que caracteriza o EDP1). Esta nos parece, ser uma característica do fazer ciência, isto é, quando da observação do fenômeno, deve-se ir além da aparência penetrando, mesmo, na sua essência, utilizando a observação e a aplicação dos sentidos (instrumentos) a um objeto para se extrair dele evidências reveladoras. Quando ela diz “Tem que ver com os ouvidos”, poderia dizer: “Ouça o som e use a mente para pensar num mecanismo para a caixa”. No turno 89 temos o indicador EDP2 (há trabalho colaborativo na construção da explicação e reconhecimento de limites nas suas aplicações), pois na fala de A18 temos colaboração para a resolução do problema e o reconhecimento dos limites da explicação dada. O limite está no fato defendido por A18 de que somente uma mola pode explicar o movimento das hastes, cada uma em faces opostas da caixa, pois sendo uma mola, se você puxar uma haste a outra deve deslocar-se no mesmo sentido e não em sentido contrário.

Entendemos que o ED3 (presença de características emocionais relacionadas às ações para a resolução do problema) pode estar caracterizado na fala de A20, no turno 90, pelas mesmas razões que apresentamos para a fala de A20 no turno 60 do Episódio 2.

Quanto ao ED1 (discussão de ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho), entendemos que ele está presente no turno 91 quando A18 propõe a hipótese de que o mecanismo deva ser constituído por uma mola.

Continuando a nossa análise, passemos ao episódio 4 do Momento 2 desta aula.

Episódio 4 – Do turno 141 ao 147. Neste episódio, podemos observar a presença dos indicadores ED1, ED2 e ED3. Vejamos a transcrição que se segue:

turno		Descrição	Ações e gestos	Indicador de EDP
141	20:02	A18: Faz muito sentido.... mas esse negócio da mola que não tá fazendo sentido...	Apontando para o desenho na folha de papel.	ED1, ED2, ED3
142	20:06	A19: Pois é.... então puxando desse lado obviamente o outro lado vai descer.... empurrando o de cima...	A19 improvisa um possível modelo para o mecanismo utilizando-se de dois lápis e uma folha de papel. Os lápis fazendo o papel das hastes, cada uma delas em faces opostas da caixa. A medida que fala vai simulando o movimento do mecanismo.	
143	20:11	A20: Já sei... Tem um computador aqui dentro que fala esse vai pra lá e esse pra cá... Pronto...	Apontando para o desenho do pedal na folha de papel.	
144	20:18	A19: É o Windows 8...	Apontando para o desenho do mecanismo na folha de papel. Os alunos sorriem.	
145	20:21	A18: É Android... É Android...		
146	20:24	A20: Poe aí Apple...	Apontando para o desenho no papel e solicitando que A19 anote esta sugestão no referido desenho.	
147	20:32	A19: Mas o que que vai ser esse negócio.... A gente precisa pensar nisso...		

Quadro 6 – Episódio 4 do Momento 2 da aula 1 – recorte dos turnos 141 a 147

Conforme sua definição, o indicador ED2 (há trabalho colaborativo para concretização de ações, proposições e/ou análise de ideias) pode ser considerado como estando presente nos turnos 141 e 142 quando se discute se a mola pode ou não fazer parte do mecanismo. No turno 143 temos evidências de um ED3 (Presença de características emocionais relacionadas às ações para a resolução do problema) exemplificado na fala de A20. Nossa suposição é que os alunos, após 20 minutos de discussão, já se encontravam cansados por não chegarem a um acordo sobre o mecanismo da caixa. Manifestando insatisfação com a situação A20 propõe, de maneira debochada, que no interior da caixa deveria haver um computador que comandava o mecanismo. Parece-nos que isto pode ser caracterizado como uma manifestação emotiva pelo fato de, após algum tipo de discussão os alunos não terem ainda chegado a um consenso. Os colegas aceitam a provocação, achando graça e complementando-a como podemos observar nos turnos 144, 145 e 146. Logo em seguida, no turno 147, A19 chama a atenção da turma para a continuação da tarefa, o que poderíamos caracterizar como um ED1 (Discussão sobre ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho) devido à forma como ele se expressou:

“Mas o que que vai ser esse negócio... A gente precisa pensar nisso...”

Entendemos que as falas dos turnos 144 a 146 podem ser entendidas mais como uma breve descontração a fim de minimizar o estresse provocado pelas discussões do que propriamente um desengajamento do grupo em relação à tarefa.

Analisando as imagens, poderíamos dizer que, até este turno do Momento 2 da aula 1, a maioria dos alunos se encontra engajada na atividade proposta pelo professor. Parece-nos que também pode ter contribuído para este fato, além dos pressupostos da SEI que temos ressaltado ao longo deste trabalho, o papel do professor, circulando pelos grupos, fazendo sugestões, dando voz aos alunos para que se manifestem, valorizando o trabalho em cooperação. Aliás, a esse respeito destacamos, a seguir, um episódio que vai do turno 178 a 195.

Episódio 5 – A intervenção do professor

turno	Descrição	Ações e gestos	Indicador
-------	-----------	----------------	-----------

				de EDP
178	23:38	P: Fala pra mim o que que vocês tão achando aí... Me explica aí.	Sorrindo.	ED2, ED3
179	23:41	A18: Ó... P... a gente acha que isso aqui é uma madeira e isso aqui (...) isso aqui é uma madeira, isso aqui é um prego...	Apontando com a caneta o desenho na folha de papel. O professor coloca a folha mais para o centro da carteira para que todos possam ver melhor o desenho e a explicação de A18.	
180	23:51	A17: É um prego que tem aqui no meio...	A17 pega a caixa e aponta para uma das faces onde está uma das hastes. A20 também tenta segurar a caixa.	
181	23:56	A19: Ali são os arames...	Aponta para o desenho na folha de papel.	
182	23:59	A18: Aqui vai ter um elástico... Quando você puxa... Onde isso aqui tá preso no elástico vai fazer esse movimento... fazendo isso...	Vai rabiscando o desenho na folha de papel. Em seguida, vai representando com as mãos o movimento do mecanismo. A seguir puxa as hastes da caixa, que está sendo segurada por A20, para ilustrar a sua hipótese.	
183	24:09	P: E aí quando você solta? ((Valorizando o diálogo))		
184	24:10	A18: Aí quando você solta ela volta ao normal...	Indicando o desenho no papel.	
185	24:14	A20: MAS EU AINDA ACHO QUE ISSO AQUI NÃO É UMA MADEIRA... Porque é muito mole pra ser um pau professor...	Batendo com o dedo indicador sobre o desenho. O professor acha graça.	
186	24:19	A17: A madeira (...) não faz coisa...		
187	24:23	P: Eu já tô ficando doido porque cada grupo que eu vou...		
188	24:24	A17: Você não SABE... P? Você também não sabe? (se referindo ao mecanismo no interior da caixa)	Colocando a mão sobre a frente.	
188 ^a	24:37	A20: Pode quebrar depois?	Segurando a caixa e puxando a haste do lado direito.	
189	24:38	P: Foi o Léo que trouxe pra mim ((Léo é o rapaz que nos auxiliou na filmagem))... O importante é assim... é que cada grupo depois vier aqui na frente.... cada um vai ter que vender seu peixe.... vamos dizer assim...	Alunos acham graça e manifestam alguma desconfiança sobre a afirmação do professor.	
190	24:44	A20: Mas depois a gente pode desmanchar ou não?	Segurando a caixa com as duas mãos, mostrando para o professor.	
191	22:45	P: Não... não pode porque depois eu vou usar com a outra sala...		
192	22:49	A17: (...)		
193	22:51	P: Não depois eu vou dar um jeito de justificar pra vocês...		

194	24:55	A18: Ah tem que dar P:... porque eu tô....	
195	24:57	P: Se vocês quiserem depois desenhar a caneta pra reforçar porque depois a gente vai escanear...	Enquanto A19 vai dando acabamento ao desenho na folha de papel.

Quadro 7 – Episódio 5 do Momento 2 da aula 1 – recorte do turno 178 a 195

Pareceu-nos que este episódio pode ser caracterizado pela presença dos indicadores ED2 (Há trabalho colaborativo para concretização de ações, proposições e/ou análise de ideias) e ED3 (Presença de características emocionais relacionadas às ações para a resolução do problema), pois o tempo todo se está discutindo sobre ações, análise ou proposições de ideias para a resolução do problema ou há demonstrações de características emocionais relacionadas às ações para a resolução do problema. O ED2 estaria presente em todos os turnos, exceto nos turnos 185, 188 e 194 nos quais há evidências do ED3 pelas mesmas razões expostas na explicação da fala de A20 no turno 60 do Episódio 2, onde vimos que os alunos estão preocupados com desenvolvimento de uma explicação satisfatória para o mecanismo da caixa.

O episódio também pode ser relacionado com a importância do acompanhamento que o professor dispensa aos alunos quando trabalhando em grupos. Entendemos que este tipo de interação pode contribuir muito para a construção dos sentidos por parte dos estudantes, pois, como assinala Piaget (2011, p.23), sobre a utilização de métodos ativos na educação, devemos conferir especial relevo à pesquisa espontânea da criança ou do adolescente o que pode resultar em que toda a verdade a ser adquirida seja reinventada, ou pelo menos, construída pelo aluno, e não simplesmente transmitida.

Episódio 6 – Alunos discutem a apresentação.

Neste episódio entendemos que há evidências do aparecimento dos indicadores ED1 (Discussão sobre ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho), ED3 (Presença de características emocionais relacionadas às ações para a resolução do problema) e EDP3 (Presença de evidências do uso de ideias em outros contextos, ressaltando a apropriação do conhecimento) pelas razões que exporemos após o quadro a seguir.

turno		Descrição	Ações e gestos	Indicador de EDP
-------	--	-----------	----------------	------------------

250	31:42	A17: Quem vai dar o dom artístico?		ED1, ED3, EDP3
251	31:50	Alunos: Conversam...	Os alunos trabalham no término do diagrama que será utilizado na apresentação do grupo.	
252	32:08	A18: O pior é que a gente vai ouvir o das outras pessoas e vão fazer sentido...		
253	32:11	A17: Vai fazer sentido... mas aí a gente vai mostrar o nosso... Ele falou a gente vai ter que vender nosso peixe...		
254	32:19	A18: A gente vai ser o ultimo... pra fechar com chave de ouro...		
255	32:22	A17: Não... porque se a gente não for o ultimo... vai dar tempo deles colocarem isso no deles...		
256	32:23	P: Vocês vão ganhar um carimbinho da Monica aí depois...		
257	32:35	A17: P:... as ideias tão fluindo...	Fazendo um gesto com a mão como se as ideias estivessem fluindo para fora da sua cabeça.	
258	32:36	P: As ideias tão o que?		
259	32:37	A17: Tão fluindo... Nossa P: você não tem uma noção...		
260	32:41	A18: É surpresa...		
261	32:44	A17: Ó... nós é o ultimo grupo... tá? Não... P:... a gente é o ultimo grupo...		
262	32:50	Alunos: (.....)		
263	33:02	A17: Mas nós somos os últimos... P:... nos recusamos a apresentar enquanto todo mundo não apresentar... Porque se não vai dar tempo deles colar a ideia nossa no deles...		

Quadro 8 – Episódio 6 do Momento 2 da aula 1 – recorte dos turnos 250 a 263.

Há indícios de que o ED1 (Discussão sobre ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho) e o ED3 (presença de características emocionais relacionadas às ações para a resolução do problema) estejam ocorrendo nos turnos: 250, 253, 254, 255, 261 e 263, quando os diálogos travados pelos alunos assinalam a ideia de como o grupo deve se organizar para a apresentação. Esta preocupação não se restringe somente à questão da organização, mas tem um forte componente emocional relacionado ao sucesso da apresentação (turnos 253, 255 e 263).

Há indícios de que o ED3 (Presença de características emocionais relacionadas às ações para a resolução do problema) possa estar ocorrendo devido à ansiedade provocada pela apresentação do grupo, que se aproxima. Notamos isto no turno 252, quando A18 mostra preocupação com o fato dos outros grupos poderem se apossar de algumas das ideias do seu grupo:

“O pior é que a gente vai ouvir o das outras pessoas e vão fazer sentido...”.

E no turno 253, quando A17 diz:

“Vai fazer sentido... mas aí a gente vai mostrar o nosso... Ele falou a gente vai ter que vender o nosso peixe...”.

E também no turno 263:

“Mas nós somos os últimos... P:... nos recusamos a apresentar enquanto todo mundo não apresentar... Porque se não vai dar tempo deles colar a ideia nossa no deles...”

Entendemos que há evidência da presença do EDP3 (Presença de evidências do uso das ideias em outros contextos, ressaltando a apropriação de conhecimentos) na fala de A18 no turno 252. Parece-nos importante o fato da aluna perceber a possibilidade de haver mais de uma solução aceitável para o mesmo problema, o que para nós poderia ser interpretado como um EDP3.

Episódio 7 – Comentários dos alunos sobre a atividade realizada.

Neste momento da aula os grupos de alunos estão se preparando para a apresentação da turma. Os alunos do grupo de estudo conversam. Nestes dois turnos, entendemos que possa estar ocorrendo o E3 (Presença de características emocionais). Na fala de A17, no turno 267, e na fala de A18, no turno 268, os alunos demonstram grande sentimento de satisfação para com a atividade que estava sendo realizada.

turno		Descrição	Ações e gestos	Indicador de EDP
267	34:03	A17: Mano... esse trabalho é genial... por isso que adoro o P.... Tá vendo gente...		E3. EDP3
268	34:07	A18: Devia ter isso nas outras aulas. Faz a gente raciocinar de mais...	Enquanto vai completando o desenho na folha de papel.	

Quadro 9 – Episódio 7 do Momento 2 da aula 1 – recorte dos turnos 267 e 268.

Também entendemos que neste episódio há indícios da presença do EDP3 (presença de evidências do uso das ideias em outros contextos, ressaltando a apropriação do conhecimento) no turno 268. Parece-nos que a fala de A18 expressa a ideia de generalização de que se em outras aulas fossem adotadas

atividades semelhantes às do tipo das Sequências de Ensino Investigativa (SEIs), isto poderia levar ao aprendizado, ou como expresso nas palavras do aluno: “[...] *Faz a gente raciocinar de mais...*”.

Quanto ao turno 267, podemos entendê-lo como uma manifestação do E3 (Presença de características emocionais) manifesta nas palavras de A17 sobre a satisfação que aquele tipo de atividade poderia proporcionar aos estudantes.

Momento 3 – Aula 1– Caixa-preta - Apresentação dos grupos .

Os alunos permanecem trabalhando em pequenos grupos. Ficou combinado que os grupos, ao se apresentarem, devem fazê-lo na frente da sala (de costas para o quadro-negro), podendo utilizar os recursos que acharem necessários. Ao longo da apresentação, os demais alunos podem intervir e discutir aspectos do que está sendo exposto.

Episódio 1 – Apresentação do grupo 1

Neste episódio descreveremos a apresentação do grupo 1 formado pelas alunas A1, A2, A3 e A4. Optamos por analisar apenas um grupo, pois, como pode se observado pelas filmagens, as apresentações dos grupos são muito semelhantes, assim escolhemos uma delas para ilustrar o que estava ocorrendo.

Turno	tempo	Descrição	Ação/Gestos	Indicadores de EDP
1	00:00	A3: Sai da frente... Deu para ver? ((solicitando para A4 sair da frente para que a turma possa ter uma visão melhor da apresentação))	A3 e A4 demonstram, sobre o quadro negro, o mecanismo utilizando 2 lápis e uma embalagem plástica para água com formato cilíndrico. Cada lápis representaria uma das hastes da caixa e a base da embalagem plástica seria o mecanismo responsável pelo movimento das hastes. A1 segura a caixa e fica o tempo todo mexendo em uma das hastes.	ED1, ED2, ED3, e EDP1
2	00:18	Alunos: Deu...		
3	00:24	A3: ... que um elástico.... Porque a parte que parece prego a gente ficou apertando com a unha parece sim uma liguinha... É macio...	Enquanto gesticula com as mãos na tentativa de ajudar na explicação.	

		não é pontudo nem duro...	
4	00:26	Alunos: Riem	
5	00:28	A4: _____ É macio não é pontudo	Mexendo com os dedos a fim de dar ideia de algo macio.
6	00:37	A3: Ai o que acontece... A gente previu que uma liguinha estava presa na parte de cima e uma na parte de baixo _____	
7		A1: _____ São esses dois negocinhos...	Mostrando com o dedo indicador as "liguinhas" em uma das faces da caixa.
8		A3: E ela tá meia reta... Ai o que acontece? Quando você puxa a liguinha vai rodar pra dentro da bolinha e a outra pra cima... Ela vai fazer assim... Como é uma liguinha ela vai voltar pro lugar onde ela tava... Vai fazer esse movimento...	
9		Alunos: conversa...	
10	01:15	A1: Eu vou quebrar a caixinha...	
11	01:24	P: Pessoal o que é legal é assim... tem coisas que cada grupo assim foi percebendo que aparentemente tendendo para um coisa comum... mas aí cada grupo cada integrante do grupo tem uma manipulação etc... Cada grupo vai tendo uma percepção diferente... Aí por exemplo as meninas aqui já deram uma outra interpretação... Pessoal a gente não dá para dizer ... igual a Anabi colocou com as palavras dela... a gente não abriu a caixa né... então não dá para você dizer de fato se uma caixa que está correta se a outra tá falsa... O que a gente tá julgando é assim... se a explicação das meninas tá coerente com o que elas observaram na caixinha... Isso que vocês fizeram aqui é o que acontece na caixinha de vocês... não é?	Apontando para as integrantes do grupo 1 que acabou de fazer a apresentação.
12	02:08	A3: A liguinha é representada pelas partes vermelhas... ou seja... ela tá ligada aqui e aqui quando você puxa... essa parte vai mudar pra baixo e esta pra cima... então ela vai enrolar...	Enquanto fala, vai mostrando o esquema na folha de papel o qual exhibe colocando-o sobre o seu peito. Note-se que, durante este ocorrido, as outras integrantes do grupo estão bastante atentas.
13	02:18	A4: Detalhe: não é uma liguinha com limite de esticar muito grande... quer dizer tem uns elásticos que não estica muito... entendeu? Por isso que ela não volta rápido...	Mostrando com as mãos.
14	02:28	P: Pessoal e aí... o que vocês acharam da explicação delas?	
15	02:30	Alunos: conversam	
16	02:32	P: Você achou melhor? Mas você acha que a dos outros grupos também tem fundamentação?	
17	02:37	A5: ((inaudível))... você sentiu o negocio indo e vindo?	

18	02:45	Aluno não identificado: Cada um sente um negócio diferente ((possivelmente está querendo frisar que cada grupo está tendo uma percepção diferente para alguns aspectos do funcionamento do mecanismo da caixa preta))	Alunos: Riem
19	03:04	Alunos: conversam ao mesmo tempo sobre os possíveis mecanismos que cada grupo encontrou para explicar o funcionamento da caixa	Todos tentam falar ao mesmo tempo.
20		A6: Eu acho que as caixinhas são diferentes	
21		A3: O nosso também tá esticado... então quando a gente puxa dá para ver melhor... Ele volta... ó o biquinho dele ó...	Mostrando para a turma a caixinha e puxando a haste de uma das faces para ilustrar o que está afirmando. A4 faz uma expressão fácil representando um "biquinho".
22	03:19	Aluno: ((não identificado)) A minha não faz isso...	
23	03:30	Alunos: conversam	
24	03:23	P: Então você puxou... o que que faz?	
25	03:25	Aluno não identificado: ela não roda assim	
26	03:27	A3: Não porque o nosso tá torto... esse aqui... mas ele vai voltar para aqui...	Apontando para a haste na caixa
27	03:36	P: Pessoal... legal o que elas falaram... a explicação delas... É coerente né?	
28	03:40	Aluno não identificado: O nosso não volta nem um centímetro...	
29	03:42	P: Nada...	
30	03:45	A12: Tá com defeito aqui... óh...	Mostrando na face da caixa o local ao qual fez referência.
31	03:50	P: Eu gostei da fala dela... Ela falou que as caixinhas não são iguais ((P se referiu a uma aluna que não identificada))	
32	03:57	Aluno não identificado: Ah... quer dizer que a minha é diferente?	
33		P: Não sei...	
34		Alunos: conversam sobre o fato das caixinhas serem diferentes...	Todos falam ao mesmo tempo, numa manifestação de surpresa sobre o fato dos mecanismos das caixas poderem ser diferentes.
35	04:01	P: Ué... vocês que estão concluindo... Se está aparecendo explicações diferentes é porque ((inaudível))	
36	04:08	Alunos: conversam ao mesmo tempo ((alguns grupos tentam explicar os mecanismos das respectivas caixas))	A14 pega a caixinha das mãos de A12 e faz um gesto como se fosse jogá-la no chão para quebra-la e assim poder ver o mecanismo no seu interior. É possível notar que toda a turma está atenta à atividade.

37	04:12	A3: O nosso era enrolado_____	A1 está segurando cá caixinha e puxando uma das hastes. As três alunas tentam falar ao mesmo tempo a fim de contribuírem para a explicação.	
38	04:18	Aluno não identificado: O NOSSO É DIFERENTE...	A turma toda esta falando ao mesmo tempo.	
39	04:20	P: Pessoal tá bom... Vamos ((inaudível)) ((P intervém... interrompendo a discussões dos grupos... solicitando que se dê continuidade às apresentações e iniciando aplausos ao grupo que acabou de se apresentar))		
40	04:25	Alunos: aplaudem		
41	05:09	P: Pessoal vamos lá ...((inaudível))... grupo... por favor...		
42	05:12	Alunos: conversam		
43		P:Você sabe que é nos pequenos grupos que talvez estejam...		
44		Aluno não identificado: _____É o premio Nobel... já sabemos...		
45	05:28	P: Pessoal vamos lá... Vamos prestar atenção...		

Quadro 10 – Episódio 1 do Momento 3 da aula 1 – recorte dos turnos 1 a 45

Neste episódio há indícios de que a classe se encontra engajada disciplinarmente, portanto com a presença dos indicadores ED1 (discussão sobre ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho), ED2

Fig. 2 – Apresentação das alunas-caixa preta

(há trabalho colaborativo para a concretização de ações proposições e/ou análise de ideias) e ED3 (presença de características emocionais relacionadas às ações para a resolução do problema). Esta nossa suposição se baseia nas falas, ações e gestos tanto dos alunos do grupo, que faziam a apresentação, quanto dos alunos da turma, quando das suas intervenções nas discussões e da forma como se comportavam na sala. As imagens nos mostram que toda turma está atenta à apresentação do grupo.

Entendemos que o engajamento é disciplinar porque o tópico da disciplina tratado neste momento é a apresentação, por parte dos grupos, do mecanismo da caixa preta e a maioria da turma está atenta e participando da atividade que se

desenvolve, pois já entenderam qual o objetivo da atividade proposta, portanto engajada com o tópico tratado. Estamos nos apoiando na proposição de engajamento disciplinar proposta por Engle e Conant (2002), que explicitamos no Referencial Teórico deste trabalho e que repetiremos aqui para facilitar o leitor. As autoras no dizem:

Pelo uso do termo *engajamento disciplinar*, no contexto escolar, queremos dizer que há alguma relação entre o que os alunos estão fazendo e as questões e práticas de um discurso disciplinar (ou “Discurso”, ver Gee, 1999; ver também Erickson & Schultz’s, 1992, “engajamento curricular”). Contudo, como os educadores diferem em suas concepções das disciplinas e dos tipos de contato que os estudantes fazem delas, o que pode ser avaliado como engajamento disciplinar por um educador pode parecer como insuficiente para outro. Sem afirmar que seja o ideal, nós consideraremos como exemplo de engajamento disciplinar o caso das FCL no qual os estudantes relacionaram tanto o discurso escolar em geral quanto o discurso biológico em particular. (p. 403, tradução nossa)

Pelo exposto na citação acima, vemos que é exatamente o que está ocorrendo neste episódio. Os alunos trabalham dentro de um contexto estruturado pelas normas do “fazer escola”, das regras do ambiente escolar, porém voltados para a resolução do problema que é o de desvendar o mecanismo da caixa.

Entendemos que as situações de sala de aula, como esta do Momento 3, são importantes para a construção do conhecimento por parte dos alunos. A esse respeito Sasseron (2009) no diz

Uma de nossas preocupações recai sobre a socialização das ideias nestas oportunidades de ensino, pois acreditamos que nestes momentos as noções até então construídas são apresentadas e tornam-se mais bem estruturadas. As discussões entre os alunos nas quais se ressaltam diferentes hipóteses e diferentes pontos de vista sobre uma mesma questão possibilitam que o conhecimento seja construído em colaboração entre eles, ou seja, permitem que ideias advindas de outras ocasiões sejam mencionadas e, possivelmente, utilizadas como forma de oferecer mais coesão aos elementos discutidos. (p. 139)

Podemos, assim, entender a importância de se dar oportunidade para que o aluno possa se expressar como sendo parte de uma atividade investigativa.

Entendemos que nos turnos 8, 9, 11, 12, 15, 16 e 18 as falas dos alunos podem estar evidenciando o EDP1 (discussão sobre sofisticação de ideias e construção de relações explicativas), pois as falas procuram contribuir para possíveis explicações, reconhecendo os seus limites, para o mecanismo da caixa.

Também queremos salientar que o sucesso deste Momento da aula pode estar relacionado à participação do professor que é um dos pressupostos básicos de uma SEI. Esta nossa suposição baseia-se nas colocações feitas por Sasseron (2013):

Em sala de aula, esses debates – ou como preferimos chamar –, essas interações discursivas devem ser promovidas pelo professor e cuidados precisam ser tomados para que o debate não se transforme em uma conversa banal. O objetivo da atividade precisa, portanto, estar muito claro para o professor, de modo que ele faça perguntas, proponha problemas e questione comentários e informações trazidos pelos estudantes tendo como intuito o trabalho investigativo com o tema da aula. Sasseron (p.43)

Citaremos alguns turnos onde ocorre a participação do professor com o intuito de ilustrar as colocações contidas na citação acima. No turno 14: “ *Pessoal e aí... o que vocês acharam da explicação delas?*”; no turno 16: “*Você achou melhor?*” *Mas você acha que a (explicação) dos outros grupos também tem fundamentação?*; no turno 24: “*Então você puxou... o que que faz?*” e para finalizar, o turno 27: “*Pessoal... legal o que elas falaram... a explicação delas... É coerente né?*”. Entendemos que estas intervenções do professor são importantes para levar os alunos a tomarem consciência dos seus atos, o que pode dar início ao processo de formação de conceitos. Este nosso entendimento está em acordo com as observações de Carvalho (2011, (c)), que nos diz:

Ao responderem a pergunta "porque deu certo o problema", alguns alunos, param nas explicações legais, dando suporte às leis. Alguns alunos vão mais longe, chegando às explicações causais e nessa hora, eles vão procurar uma nova palavra em seu vocabulário para se comunicar - é o começo da conceitualização. Na sala de aula de Ciências o professor deve ter consciência dessa possibilidade ajudando os alunos na conceitualização do conteúdo e não esperando que todos cheguem sozinhos a essa etapa. (p. 256)

Continuando com as nossas análises passaremos à segunda aula escolhida que é a do experimento de Mach-Zehnder.

4-3 Aula 6 (23/11/12) – Interferômetro de Mach Zehnder real e virtual

Momento 1 – Iniciando a aula

Episódio 1 – Apresentação do professor

A apresentação feita pelo professor, que descreveremos em seguida, vai até o turno 19. O professor inicia as atividades retomando as discussões da aula anterior quando foi estudado o efeito fotoelétrico utilizando-se um software que simulava o experimento. Nesta parte da aula, os alunos estão dispostos de uma forma um pouco diferente da tradicional: alguns alunos, no fundo da sala, juntaram as carteiras lado a lado, bem como outros alunos no meio da sala; o restante da turma manteve as carteiras nas laterais da sala.

Seguindo os preceitos de uma SEI, o professor dá continuidade à aula propondo o problema para a turma, procurando explicar, da forma mais objetiva possível, qual a questão a ser resolvida. Procura envolver a turma apresentando, com a maior riqueza de detalhes possível, o problema que será estudado. Esta preocupação do professor, nos parece, pode ser justificada por estudos como o de Cuevas, Lee, Hart e Deaktor (2005). Os autores discutem que ao longo do contínuo “instrução explícita do professor-iniciação do estudante”, o estudante inicialmente requer uma extensa orientação (*guidance*) do professor para, a partir daí, desenvolver gradualmente a habilidade de conduzir o processo por si próprio.

Mortimer e Scott (2002) também tratam deste aspecto da atuação do professor quando da proposição de uma ferramenta para a análise do discurso em sala de aula. Um dos aspectos do discurso proposto pelos autores trata das intenções do professor. Os autores assim se manifestam:

Seguindo os princípios da teoria de Vigotski, nós consideramos que o ensino de ciências produz um tipo de ‘performance pública’ no plano social da sala de aula. Essa performance é dirigida pelo professor que planejou o seu ‘roteiro’ e tem a iniciativa em ‘apresentar’ as várias atividades que constituem as aulas de ciências (Leach and Scott, 2002). O trabalho de desenvolver a ‘estória científica’ no plano social da sala de aula é central nessa performance. (p. 286)

Este episódio nos mostra que a atuação do professor, justificada pelas colocações acima expostas, pode comprometer, como veremos mais adiante, o aproveitamento dos alunos se estes não tiverem oportunidades de participarem

mais ativamente da discussão. Queremos chamar a atenção que, mesmo um professor experiente no Ensino por Investigação e no trabalho com as SEIs, deve atentar para a participação dos alunos no desenvolvimento das atividades, mesmo que seja na etapa de apresentação do problema para a turma.

Continuando a aula o professor apresenta para turma os materiais a serem utilizados: um microcomputador, onde há um software que simula o funcionamento de um interferômetro do tipo Mach-Zehnder, um interferômetro de Mach-Zehnder real, já montado, ponteiras laser, bem como dois kits contento as peças para a montagem de dois outros interferômetros.

Todos os interferômetros bem como o notebook estão sobre “bancadas” improvisadas com as carteiras. Ressaltamos, pelo discurso do professor, que o objetivo principal desta aula é a análise da figura de interferência que deveria ser formada no anteparo tanto do interferômetro real, já oferecido montado para os alunos, quanto do interferômetro virtual, cujo software os alunos deveriam manipular. Uma segunda atividade proposta pelo professor foi a montagem de um interferômetro real cujo kit foi colocado à disposição dos grupos; e uma terceira atividade foi a manipulação de um software que simulava o interferômetro.

No planejamento inicial da SEI, esta aula deveria ser realizada concomitantemente em dois ambientes, na sala de informática e no laboratório de ciências da escola. A turma seria dividida em dois grupos que trabalhariam, alternadamente em cada um destes ambientes. Devido a problemas de organização de espaço na escola não foi possível que se seguisse este planejamento nesta data e nem em data posterior por falta de espaço no calendário escolar, desta forma o professor adotou o planejamento descrito anteriormente.

Pelo que expusemos, sobre o fato de a exposição do professor ter tomado muito tempo, com uma pequeníssima participação dos alunos, não achamos necessário a reprodução integral deste episódio, que pode ser visto no Anexo II, apenas comentaremos alguns trechos que nos pareceram ilustrativos.

O professor inicia este episódio lembrando os alunos que as atividades desenvolvidas em aulas anteriores os levaram a concluir que havia dois modelos para o entendimento do agente físico luz: um corpuscular e outro ondulatório. Isto está evidente nos turnos 1 e 2 deste episódio quando o professor questiona a turma sobre o que foi estudado e eles respondem que chegaram à conclusão de

que luz poderia ser “onda ou partícula”. E ainda mais, sobre os questionamentos do professor, concluem que o efeito fotoelétrico somente pode ser explicado se a luz for considerada como sendo formada por partículas.

Queremos chamar a atenção para o trecho em negrito, no turno 7, onde o professor explica a formação da figura de interferência nos anteparos, tanto para o interferômetro real quanto para a simulação no computador. O trecho citado começa com: “[...] *Aqui fica uma bolinha colorida... aí aqui tem uma outra bolinha colorida... aqui tem outra bolinha colorida... e se eu olhar aqui no anteparo dois vai aparecer exatamente o oposto do que tem ali...ó... aonde aqui tem luz...*”. E termina com: “[...] *aqui vai ficar só uma parte branca [...] e aqui eu tenho regiões ó... esse pedacinho aqui ó sem luz...*”.

As interações discursivas entre o professor e os alunos neste episódio, como já mencionamos, são poucas pela preocupação do professor em apresentar o teor da atividade a ser realizada. Assim, devido à forma como foi conduzido este momento da aula, os alunos tiveram poucas oportunidades para se manifestarem sobre como se dava a formação da figura de interferência e que esta análise da figura de interferência deveria ser o objetivo principal da atividade. Veremos mais adiante, no *Episódio 1 do Momento 2 da aula 6, turno 49*, que este fato terá consequências importantes no entendimento do aluno A14 sobre a formação desta figura, bem como do entendimento de toda a turma sobre o objetivo principal da atividade que era a análise da figura de interferência e não a montagem do interferômetro real.

A seguir passaremos à análise das atividades onde os alunos trabalham com os interferômetros real e virtual.

Momento 2 – Trabalhos em grupo

Episódio 1 – O grupo 1 MZ (Mach-Zehnder) e o interferômetro real

Este episódio vai do turno 20 a 57. A tarefa do grupo 1 MZ, composto pelos alunos A10, A14, A21, A30, A31 e A32, é montar o interferômetro tipo Mach-Zehnder, utilizando as peças que fazem parte de um kit de Ótica, a fim de obter e explicar a figura de interferência que se forma em um anteparo. Primeiramente e para facilidade de análise repetiremos os turnos que compõem este episódio para, em seguida, fazermos as devidas considerações.

turno		Descrição	Ações/gestos	Indicadores de EDP
20	14:00	Alunos do grupo: Conversam ao mesmo tempo...		ED1, ED2 e ED3
21	14:20	A21: Não...é espelho...espelho...((os alunos do grupo estão empenhados em resolver o problema, todos, ao mesmo tempo procurando contribuir para a sua solução))	Manipulando os espelhos para mostrar aos colegas como era a montagem.	
22	15:06	A10: É assim ó... são dois semiespelhos... eu acho...	Manipula os semiespelhos tentando alinhá-los.	
23	15:07	A14: Tá errado...		
24	15:09	Alunos do grupo: ((inaudível; alunos falando ao mesmo tempo))		
25	15:12	A14: É um de ((inaudível)) e um em-baixo		
26:	15:24	A30: Então ((inaudível))		
27	15:48	A31: É aqui_____		
28	15:49	A30: _____O que eu tou fazendo		
29	15:59	A31: Olá tá concentrado...dá pra ver...	Manipulando o semiespelho e olhando para o anteparo.	
30	16:00	Alunos do grupo: Conversam ((inaudível))		
31	16:15	A31: Eu tô achando que tá ((inaudível))		
32	16:21	A21: Tá a mesma coisa		
33	16:22	Alunos do grupo: Conversam		
34	16:23	Aluno não identificado: Não que esse tá virado ao contrário...		
35	16:32	A10: Reflete aqui	Indicando com a mão a trajetória da luz	
36	16:40	A30: Tá indo pra outro canto...mas não pra este...		
37	16:42	A21: É nada... eu acho que ((inaudível)) pro outro lado...	Com a mão direita faz um gesto que representa a trajetória da luz.	
38	16:48	A30: Então ((inaudível))		
39	16:49	A10: Não dá certo...		
40	16:54	A32: ((inaudível))	Faz movimentos com as mãos indicando algo que esta se concentrando, se ajuntando.	
41	16:58	A31: Não dá pra aumentar mais?		
42	17:00	A10: ((inaudível))		
43	17:01	A31: Será que aumentando não vai?		
44	17:02	A30: É porque ele não tá alinhado_____		
43	17:03	A32: _____Coloca o caderno em baixo		
44	17:04	A30: Não aumenta mais aqui?	Mexendo no parafuso que regula a	

			posição do semiespelho.
45	17:05	A10: (inaudível)	
46	17:19	A32: Tá pegando aqui em cima...	Apontando para um dos espelhos.
47	17:25	A10: Tá pegando mesmo	
48	17:26	A21: Não aí tira o caderno né...	
49	17:33	A14: É o primeiro efeito...	Após avistar uma mancha luminosa de formato circular no papel que servia de anteparo. Ao terminar de emitir a frase volta-se para o quadro negro observando a figura de interferência que o professor havia escrito lá.
50	17:35	A21: É (concordando com A14)	
51	17:37	Alunos do grupo: Conversam	
52	17:59	A32: Ó onde que tá ó ((mostrando que o laser estava desalinhado; os alunos do grupo sorriem porque o ponto de luz laser estava sendo projetado na barriga de A31))	Aponta para o semiespelho
53	18:06	Alunos do grupo: Conversam	
54	18:25	A30: Tem que subir mais...TEM QUE SUBIR MAIS	
55	18:27	Alunos do grupo: Conversam...	
56	18:33	A30: Não tá adiantando...	
57	18:34	Alunos do grupo: Conversam	

Quadro 11 – Episódio 1 do Momento 2 da aula 6 – recorte dos turnos 20 a 57

Entendemos que este episódio pode ser representativo de ED (engajamento disciplinar). Como já discutimos no Quadro 8, desta análise, se os alunos estão conscientes da tarefa a ser realizada, então prevalecerá os indicadores de ED.

Figura 3 – Alunos trabalhando com o interferômetro

Figura 4- Figura de interferência formada no experimento de Mach-

No caso agora analisado, entendemos que a percepção dos alunos se dirige para o problema de montar o interferômetro. Foi esta a tarefa que eles entenderam como sendo o ponto central da atividade. As falas dos alunos podem atestar essa nossa suposição. O tempo todo eles estão preocupados com a montagem do aparelho, portanto já estão engajados na atividade, daí supomos a presença dos indicadores de ED.

Podemos supor como representativos de ED1 (discussão sobre ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho) os turnos 21, 22, 23, 25, 27 e 28 e de ED2 (há trabalho colaborativo para a concretização de ações e análise de ideias) os turnos 29, 31, 32 e 34, por exemplo. Um fato que nos chamou a atenção, ilustrado na figura 3, ocorreu no turno 49, quando A14 diz: “É o primeiro efeito...” Ele estava se referindo à figura de um círculo formada num pedaço de papel que foi utilizada como anteparo por A10. Esta manifestação de A14, nos parece, está de acordo com o fato de entendermos que este episódio pode ser representativo de um ED2 (há trabalho colaborativo para a concretização de ações e análise de ideias), mas o que queremos salientar, neste caso, é como a atribuição de significado às palavras pode ser importante para o entendimento das falas do professor. O fato é que a mancha formada no papel, por acaso lembra o centro da figura que o professor colocou no quadro quando explicava a formação da figura de interferência. Esta configuração não é o resultado correto para o experimento. Quando o professor mostrou a figura de interferência como sendo formada por um ponto central claro envolvido alternadamente por coroas circulares claras e escuras ele usou as palavras (veja o turno 7):

“Aqui fica uma bolinha colorida... aí aqui tem uma outra bolinha colorida... aqui tem uma outra bolinha colorida e se eu olhar aqui no anteparo dois vai aparecer exatamente o oposto do que tem ali...ó aonde aqui tem luz... aqui vai ficar só uma parte branca ó... aí aqui onde tem luz... aqui vai ficar só uma parte branca...”

A nossa hipótese é que o aluno entendeu que a figura de interferência se formava por partes à medida que o interferômetro fosse calibrado, e não instantaneamente e como um todo como ocorre quando se consegue um alinhamento adequado para o aparelho. Isso nos chama a atenção para a questão do sentido que o outro pode atribuir para as nossas palavras. Como nesta atividade, por conta da adequação de datas e horários que aconteceram na escola, não pode ser realizada a parte onde os grupos pudessem discutir, em grande grupo, como procederam para montar o interferômetro e os resultados obtidos, este equívoco de A14 não pode ser discutido com o professor nem com os seus pares, nem antes e nem após a realização do experimento.

Novamente lembramos as colocações de Sasseron (2013) sobre a importância das discussões entre os alunos e destes com o professor na construção do conhecimento. A autora assinala que:

Assim como Lemke, Sutton enfatiza a importância das palavras e do modo como atribuímos significado a elas, argumentando que é preciso que haja conexões entre diversos significados que as palavras têm e os tipos de afirmações que podem ser construídas como forma de tornar um conceito passível de ser mais bem compreendido. Voltando o seu olhar para a sala de aula, o autor destaca a necessidade de o professor criar oportunidades que permitam aos alunos construir conhecimento conciliando experiência prática e fala do professor, além de poderem expressar-se livremente sobre o que veem. (p.141)

Entendemos que as proposições contidas nesta citação, poderão ser mais facilmente concretizadas se os alunos tiverem mais oportunidades para se manifestarem, como, aliás, é preconizado pelos preceitos das Sequências de Ensino Investigativas. Como tal fato não ocorreu no *Episódio 1 do Momento 2 da aula 6*, a nossa hipótese é de que A14 entendeu que a figura de interferência se formaria por partes e não como um todo como podemos perceber pela sua fala no turno 49 deste momento da aula.

Entendemos que se esta discussão tivesse ocorrido entre os grupos, nesta aula, ou no momento em que o professor apresentou o problema, como já frisamos anteriormente, talvez este equívoco pudesse ser evitado.

Notamos também que os indicadores do tipo EDP não aparecem neste episódio. Entendemos que isto pode ter acontecido pelo fato da turma ter tido grande envolvimento com a montagem do interferômetro, que é a tarefa proposta para este momento da aula. Frise-se também, que esta montagem não era a atividade principal da aula, mas um meio para resolver o problema de obter e explicar a figura de interferência que deveria se formar no anteparo e, assim, se chegar à conclusão de que, neste caso, a luz se comporta como um fenômeno ondulatório.

A nossa hipótese é que o experimento do interferômetro, pelas dificuldades quanto a sua montagem, aliado ao alto grau de abstração de se imaginar a luz como um fenômeno ondulatório e também ao fato, repetimos, de ter havido poucas interações discursivas dos alunos entre si e com o professor durante a problematização, talvez não seja uma boa proposta de atividade para levar os alunos a construírem uma explicação satisfatória para a figura de interferência.

A situação abordada acima não é inusitada. Moreira & Pontelo (2009), ao realizarem uma pesquisa sobre níveis de engajamento em atividades práticas de Física com aquisição automática de dados, chamaram atenção para este fato:

A complexidade do sistema de aquisição de dados implicou que ele deixou de ser um artefato mediador da atividade para se constituir como objeto da mesma. (p.148)

Outra hipótese para a não observação do EDP pode estar no fato de que os alunos não tenham entendido qual o problema central da atividade, que era o de explicar como e por que se forma a figura de interferência num experimento deste tipo. Talvez o professor não tenha percebido na proposição do problema que os alunos não o tenham entendido perfeitamente. Isto poderia ser evitado se tivesse havido maior interação discursiva entre ele e os alunos. No turno 7 o professor falou por volta de 8 minutos, a pergunta aparece em poucos momentos do discurso do professor e em nenhum momento houve algum questionamento dos alunos sobre a mesma. Os pressupostos da SEI sugerem que, quando da apresentação do problema, devemos nos certificar do entendimento do mesmo

por parte dos alunos com pena de termos todo o andamento da SEI comprometido.

Episódio – 2 – Características emocionais do envolvimento disciplinar

Neste episódio que vai do turno 66 até o turno 82a, que repetimos abaixo, os elementos do grupo 3 MZ formado pelos alunos A3, A18, A27, A2, A1, A6, A11 trabalham na montagem do interferômetro real. O episódio também pode ser caracterizado como de ED (engajamento disciplinar), porque também aqui os alunos estão empenhados na tarefa a ser executada, embora, como dissemos anteriormente, o objetivo principal da tarefa, que seria a obtenção da figura de interferência, tenha sido substituído, pelas razões que expusemos, pela montagem do interferômetro. Podemos observar pelas imagens e interações discursivas que se desenvolve entre eles esta situação de engajamento disciplinar. Aqui queremos destacar um pouco das características emocionais que podem se aflorar nestas situações.

Turno		Descrição	Ações/ gestos	Indicadores de EDP
66	20:13	A: Ó lá o laser vai aqui...	Apontando a ponteira laser para a parede e acionado o botão para ligar o disparo.	ED1, ED2 ED3
67	20:14	Alunos do grupo: Conversam		
68	20:23	A3: Tem que ((inaudível)) repetir pro laser....	Colocando o espelho sobre a base do interferômetro.	
69:	20:25	A6: Ó tem um ((inaudível)) aqui...	Mostrando os elementos dispostos sobre a base do interferômetro.	
70	20:28	A11: ((inaudível))... tipo laser... calma aí...	Apontando para a base do interferômetro	
71	20:29	Alunas do grupo: Conversam ((inaudível; falam ao mesmo tempo)	Pode-se notar, pelas imagens, o grande envolvimento do grupo, todos tentando, ao mesmo tempo, dar suas contribuições para a resolução do problema	
72	20:47	A3: Quebrou a pontinha desse aqui...((ouve-se o barulho de vidro caindo))	Mostrando um dos espelho	
73	20:49	A11: Não... mas não é do meu que caiu...		
74	20:53	A27: O professor mexeu aí...	Apontando para um	

			dos semiespelhos, enquanto cada uma das colegas mexe em um dos elementos que compõem o interferômetro.	
75	20:56	A18: Tem que virar a bolinha....	Mostrando o parafuso regulador do semiespelho.	
76	20:58	Aluna não identificada: AH:: (como se tivesse entendido o mecanismo de regularem do semiespelho)	As colegas continuam a mexer nos componentes do interferômetro.	
77	21:04	A1: Gente ó... gente é capaz de ((inaudível)) esse negócio aqui...é capaz de encaixar aqui	Tentando descobrir a utilidade de um dos artefatos.	
78:	21:08	Alunas: Conversam		
79	21:13	A1: Gente... o professor tá enganando a gente... esse negócio aqui é pra por aqui	Tentando encaixar um dos semiespelhos que fica num dos vértices da base do aparelho.	
80	21:17	A3: Ó gente... é de encaixe...Eu não tô conseguindo encaixar	Tentando encaixar o conjunto semiespelho na base do interferômetro.	
81	21:25	A1: O professor tá enganando a gente...	Tentando encaixar o semiespelho na base do interferômetro	
82	21:29	A3: Esse aqui também ó... ((inaudível)) de encaixe...	As alunas tentam, todas ao mesmo tempo, encaixarem os espelhos e os semiespelhos na base do interferômetro sem sucesso.	
83	21:31	A1: Todos encaixam	Continuam tentando realizar a montagem	

Quadro 12 – Episódio 2 do Momento 2 da aula 6 – recorte dos turnos 66 a 83

Podemos notar, pelas falas e ações, o grande envolvimento disciplinar do grupo justificado por evidências da presença dos indicadores ED1 (Discussão sobre ideias e hipóteses para a construção de um plano de trabalho) e ED2 (Há trabalho colaborativo para concretização de ações, proposições e/ou análise de ideias). Como já salientamos em situações anteriores semelhantes a esta, como no Episódio 1 do Momento 2 da aula 6, o engajamento disciplinar pode estar ocorrendo devido ao fato da turma já estar consciente do problema a resolver.

Quanto ao indicador ED3 (características emocionais relacionadas ao êxito ou ao fracasso nas ações para resolução do problema), o episódio nos mostra que o grupo estava encontrando muitas dificuldades na montagem do interferômetro. Pareceu-nos, que eles começaram a experimentar um sentimento de frustração que acabou se traduzindo na fala de A1 nos turnos 79: “*Gente... o professor tá enganando a gente... esse negócio aqui é pra por aqui*” e 81: “*O professor tá engando a gente...*” Para nós, este desabafo, pareceu estar relacionado ao indicador ED3 (características emocionais relacionadas ao êxito ou ao fracasso nas ações para resolução do problema).

Outra situação onde podemos observar características de envolvimento emocional será mostrada no próximo episódio.

Episódio 3 – Grupo 3 MZ – continuação do trabalho com o interferômetro real – características emocionais do envolvimento.

Este episódio vai do turno 96 a 108 e podemos colocá-lo como exemplo de ED (engajamento disciplinar) caracterizado primordialmente pelo ED3 (características emocionais relacionadas ao êxito ou ao fracasso nas ações para resolução do problema). Neste turno, é possível notarmos que os alunos chegam a um alto nível de stress emocional em função da dificuldade que encontraram na montagem do interferômetro. Vamos repetir os trechos deste episódio onde isto está bem caracterizado:

Turno		Descrição	Ações/ gestos	Indicadores de EDP
96	23:34	A11: Você não tá tirando não? ((dirigindo-se a A18 que desmontava um suporte de espelho))	A18 esta desmontando um dos semiespelhos	ED3
97	23:35	A18: Tô...não pode você vai me bater? ((alunos riem))	Continuando a desmontar o semiespelho	
98	23:38	A6: Você fica montando e desmontando toda hora ((dirigindo-se para A18))		
99	23:40	A1: ((inaudível))		
100	23:41	A18: Mais		
101	23:45	A11: A gente não sabe ((inaudível))		
102	23:47	A6: A gente é a maior burra...	As colegas sorriem enquanto continuam a mexer nos componentes do	

			interferômetro.	
103	23:52	A3: Não é o nosso é mais difícil... é pra gente ficar pensando	Quase todas as alunas do grupo mexem em alguns dos artefatos que compõem o interferômetro.	

Quadro 13 – Episódio 3 do Momento 2 da aula 6 – recorte dos turnos 66 a 82

Notamos que em vários turnos deste Momento 2 da aula 6 há evidências da presença dos indicadores relacionados às características emocionais (ED3). Voltamos a frisar que este fato pode estar relacionado às dificuldades encontradas na montagem do interferômetro, conforme comentamos no episódio 1 do mesmo Momento. Aliás, podemos notar, pelas falas destes turnos, que esta parece ser a tônica deste Momento da aula. No turno 96, A11 interpela A18 que estava desmontando uma parte do interferômetro. A11 parece estar se irritando pelo fato de A18 estar fazendo infrutíferas tentativas, de montar corretamente o interferômetro. No turno 102, A6 chega a se manifestar sobre a competência do grupo em resolver o problema da montagem do interferômetro: “*A gente é a maior burra...*”. Ao que A3, no turno 103, procura minimizar a fala de A6 dizendo: “*Não é... o nosso é mais difícil... é pra gente ficar pensando...*”

Enfatizamos a nossa suposição de que os fatos ora mencionados podem ter ocorrido por conta dos obstáculos que descreveremos a seguir. O problema a ser resolvido não estava claro para os alunos. Entendemos que isto possa ter ocorrido pela pouca oportunidade que os alunos tiveram de se manifestar durante a problematização. Também pode ter contribuído para isto o fato de os alunos terem três tarefas a cumprir dentro da mesma atividade: a) manipular o interferômetro e executar o experimento buscando obter a figura no anteparo b) montar, com as peças do kit fornecido, um interferômetro e c) fazer o mesmo experimento do item (a) usando um interferômetro virtual.

Outro obstáculo pode ter sido ocasionado pelo fato de que quando o professor apresentou o problema ele deu a solução do mesmo, descrevendo as características da figura de interferência que seria formada. Ora, ao proceder desta forma o experimento deixou de ser investigativo e passou a ser um experimento estruturado onde os alunos se limitariam a montar o interferômetro,

colocá-lo para funcionar e comprovar o resultado que eles já conheciam antecipadamente sobre a figura de interferência.

Terminamos esta Análise observando que temos evidências suficientes de que a Metodologia de Ensino por Investigação pode levar a turma ao EDP em uma sala de aula de Física. Por outro lado, deve-se cuidar para que os preceitos da SEI devam ser corretamente seguidos para que se possa atingir os resultados pretendidos pelas atividades propostas. Como vimos na segunda aula, quando a atividade deixou de ser investigativa houve comprometimento no engajamento da turma com a mesma.

A seguir passaremos para as conclusões e considerações finais.

5 – Considerações e Conclusões

Neste trabalho buscamos responder à seguinte pergunta de pesquisa: o ensino por investigação pode promover o engajamento disciplinar produtivo em aulas de Física?

Salientamos que buscamos identificar esse engajamento quando observávamos pequenos grupos de alunos, trabalhando em atividades propostas para serem realizadas em poucas aulas, ou mesmo em uma aula, e não em projetos que demandavam um período maior de implementação, pois entendemos que esta pode ser uma contribuição relevante para o contexto das escolas públicas que oferecem cursos no período noturno, nas quais o número de aulas por bimestre pode ser considerado insuficiente em função das demandas exigidas pela disciplina Física neste nível da escolaridade.

Nossas preocupações com um ensino que pode levar os alunos ao engajamento disciplinar produtivo (EDP) também nos levaram a sentir que era necessário nos aprofundarmos na busca por referenciais teóricos que dessem suporte ao que estávamos buscando responder. O desenvolvimento da pesquisa nos levou aos trabalhos de Piaget e Vigotski que muito contribuíram para o entendimento de como os conhecimentos eram construídos tanto em nível individual quanto social.

Estabelecidos estes referenciais teóricos, buscamos identificar relações entre as ideias de Piaget e Vigotski e as ideias de um ensino que permita o trabalho ativo pelos estudantes. Concluímos que o Ensino por Investigação dava conta de estabelecer estas relações.

Nossas inquietações relacionadas à questão do engajamento dos alunos com as atividades propostas nos levaram a fazer uma pesquisa bibliográfica sobre o tema. Encontramos, no artigo publicado por Engle & Conant (2002), uma definição de engajamento disciplinar produtivo (EDP) que dava conta das nossas suposições sobre a criação de ambientes de aprendizagem que pudessem levar os alunos a se envolverem produtivamente com as atividades propostas.

Foi a partir dos estudos sobre o EDP, dos estudos sobre pressupostos que fundamentam a aprendizagem e o ensino por investigação, assim como estudos sobre o desenvolvimento de interações discursivas em aulas de ciências/física

que podemos propor os indicadores de EDP utilizados como forma de categorizar as interações identificadas em sala de aula.

A análise dos nossos dados nos deram indicações de que o EDP pode ser alcançado se o trabalho em sala de aula for desenvolvido conforme os pressupostos do Ensino por Investigação.

A presença dos indicadores de EDP na primeira aula analisada

Em relação ao engajamento disciplinar produtivo: podemos verificar que tanto nesta aula quanto na aula em que as atividades giravam em torno do uso e análise dos efeitos do Interferômetro de Mach-Zehnder, os indicadores tendem a ocorrer na seguinte sequência: indicadores de Engajamento (E1, E2 e E3), de Engajamento Disciplinar (ED1, ED2 e ED3) e de Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP1, EDP2 e EDP3). Isto nos parece estar de acordo com a dinâmica proposta pelas aulas orientadas pelos pressupostos de um Ensino por Investigação onde o problema e a sua apresentação são fundamentais para que tenhamos a possibilidade de chegar ao engajamento disciplinar produtivo.

Também, pudemos notar, nesta aula, a grande importância de o papel do professor em cada uma destas etapas, elaborando questões que orientam seus alunos, dando oportunidade para que se manifestem e os levem à construção de novos conhecimentos. A este respeito Carvalho (2013) nos diz:

Assim as questões do professor devem leva-los a buscar evidências em seus dados, justificativas para suas respostas, fazê-los sistematizar raciocínios como “se”/”então”/”portanto” [...] (p.7)

A “Caixa Preta” é uma atividade de fácil compreensão por parte dos alunos, talvez devido ao apelo manipulativo inicial e ao um forte caráter lúdico assumido pelo próprio material, o que pode levá-los, em pouco tempo ao Engajamento, conforme pudemos observar logo nos primeiros momentos da aula.

Nos momentos seguintes, na resolução do problema em pequenos grupos e na apresentação dos grupos para a turma, pode-se notar evidências da presença dos indicadores de ED e EDP, sendo que o primeiro aparece com maior frequência. A nossa hipótese para explicar a presença destes indicadores, bem como esta diferença na frequência com que aparecem é que, após a

apresentação do problema, da forma como preconizada pelas formulações do Ensino por Investigação, os alunos passam, num primeiro momento, a “fazer escola” (Jiménez-Aleixandre, 2000), o que poderia explicar os indicadores ED. Num segundo momento, já inseridos no contexto do problema a ser resolvido, os alunos passam a fazer “ciência na escola” o que explicaria os indicadores de EDP.

Outro fato que pode ter contribuído para presença destes indicadores (ED e EDP) poderia ser porque a atividade tomou o caráter de um jogo, uma disputa entre os grupos para ver qual deles teria a melhor proposta para o mecanismo da caixa. Esta observação está de acordo, por exemplo, com as constatações de Hatano & Inagaki (1989; p.345). Os autores concluíram que a compreensão e resolução coletiva de uma atividade investigativa é diferente (em sua natureza social) da compreensão e resolução individual da mesma atividade em, pelo menos dois sentidos: a primeira é energizada por uma motivação social (nas palavras dos autores: partidária) e b) há restrições sociais onde o espaço para a elaboração de hipóteses é explorado e quais tipo de evidência podem ser considerados. E acrescentam: *“Nossos estudos claramente demonstram que a motivação social faz do trabalho coletivo uma atividade alegre e duradoura.”* (1989; p.345; tradução nossa).

A necessidade de resolver o problema e preparar uma apresentação na qual os alunos deveriam expor suas hipóteses com as respectivas fundamentações podem ter levado a turma ao engajamento.

A presença dos indicadores de EDP na segunda aula analisada

Como na aula anterior, temos, nos primeiros momentos, evidências dos indicadores de engajamento (E) e, sobretudo, de engajamento disciplinar (ED). As razões para isto estão explicitadas no comentário que fizemos para a primeira aula analisada.

Notamos que não foram identificados possíveis indicadores de engajamento disciplinar produtivo (EDP). Nós entendemos que isto possa ter ocorrido porque nesta aula tivemos três tarefas diferentes na mesma atividade e não ficou claro para os alunos quais seriam os objetivos, ou seja, os problemas a serem resolvidos em cada uma das tarefas.

Notamos que no início desta aula o professor utilizou muito tempo tentando explicar quais seriam as tarefas e houve poucas interações discursivas entre o professor e os alunos e dos alunos entre si. Isto pode ter tido como consequência que, para os alunos, não ficou claro qual o objetivo da atividade como um todo e nem os objetivos de cada tarefa proposta.

Entendemos que o planejamento para esta aula poderia ser: montar o interferômetro e procurar explicar a figura formada no anteparo utilizando-se um dos dois modelos até então estudados para a natureza da luz. No caso do interferômetro virtual o objetivo também deveria ser o mesmo. Acontece que na apresentação do problema o professor já deu a resposta da figura que se formaria no anteparo, restando para os alunos apenas a tarefa de verificar se tal figura aparecia ou não. Desta forma, a aula deixou de ser investigativa e passou a ser uma aula do tipo “estruturada”, onde os alunos deveriam seguir um roteiro e verificar a veracidade do tipo de figura de interferência que deveria se formar no anteparo. Mas nem isto acabou se realizando, uma vez que, pelas dificuldades encontradas na montagem, e pelo fato de os alunos não terem entendido qual era o principal objetivo da atividade, os mesmos acabaram por se desmotivarem no desenvolvimento da tarefa proposta. As falas e as atitudes nas atividades dos alunos observadas nas filmagens deste trecho da aula podem corroborar nossas colocações.

A título de síntese

Tendo este breve panorama das duas aulas, a título de síntese, podemos afirmar que os dados extraídos da primeira aula analisada nos permitem supor que o EDP da turma pode ser alcançado a partir da inserção do Ensino por Investigação em aula. E que este fato pode ser explicado porque os preceitos básicos do Ensino por Investigação estão presentes em todo o transcorrer da atividade proposta, nos seus diversos momentos.

Já o mesmo não pode ser dito da segunda aula analisada. Nesta aula pudemos observar a presença dos indicadores de engajamento (E) e os indicadores de engajamento disciplinar (ED), mas não chegamos ao engajamento disciplinar produtivo (EDP). Entendemos que isto ocorreu exatamente porque a aula deixou de ser investigativa devido à forma como acabou sendo desenvolvida, a saber: poucas interações discursivas entre o professor e os alunos e dos alunos

entre si na fase da problematização; faltou clareza nos principais objetivos da atividade proposta, talvez porque tínhamos três tarefas na mesma atividade; a resposta para a atividade proposta foi fornecida pelo professor o que fez com que o experimento proposto deixasse de ser investigativo e passasse a ser um experimento estruturado.

Os resultados deste trabalho também nos permitem algumas considerações que exporemos a seguir. Apontamos para a necessidade de se pesquisar atividades de Física Moderna e Contemporânea (FMC) que consigam contemplar aspectos ontológicos e epistemológicos da mesma com o intuito de que os conceitos que se pretende trabalhar com a turma possam ser internalizados mais facilmente, uma vez que neste nível de ensino não teria sentido trabalhar-se o formalismo matemático subjacente a este ramo da Física. Percebemos essa dificuldade na aula 2, com relação ao experimento de Mach-Zehnder, quando os alunos deveriam entender a luz como um fenômeno ondulatório. Pensamos, por exemplo, que um experimento com ondas sonoras confinadas em um tubo, no interior do qual se coloca grãos de poeira, possa ser de mais fácil compreensão por parte dos alunos. Entendemos que nesse nível de ensino, modelos menos abstratos podem melhorar a compreensão dos estudantes.

Outro aspecto sobre o qual nos questionamos é quanto ao aprendizado coletivo quando os alunos trabalham em pequenos grupos. Nos parece que o trabalho também aponta para futuras pesquisas que podem contribuir para um melhor entendimento da ZPD. Existem relações entre a ZPD e o EDP? Se entendermos a ZPD como *“um campo interpsicológico, constituído na e pelas interações sociais em que os sujeitos se encontram envolvidos com problemas ou situações que remetem à confrontação de pontos de vista diferentes”* (Zanella; 1994, p.108), talvez possamos encontrar relações entre a ZPD e o EDP. O trabalho também aponta para a necessidade de se pesquisar SEIs em Física que demandem menos tempo para serem trabalhadas em salas de aula da escola pública. Sabemos das dificuldades enfrentadas por esta disciplina no que se refere ao número de aulas disponíveis e aos conteúdos mínimos sugeridos pela Proposta Curricular do Estado de São Paulo para um bimestre letivo.

6. Referências Bibliográficas

- AZANHA, J. M. P. (2011). Uma ideia da Pesquisa Educacional / José Mário Pires Azanha – 2 ed. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.
- BALL, D. L. (1993). With an eye on the mathematical horizon: Dilemmas of teaching elementary-school mathematics. *Elementary School Journal*, 93 (4), 373– 397.
- BALL, D. L. (2000). Forward. In M. K. Stein, M. S. Smith, M. A. Henningsen & E. A. silver, *Implementing standards-based mathematics instruction: A casebook for professional development (pp. ix-xvi)*. New York: Teachers College Press.
- BARRELO J. N (2010). Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de física moderna / Nelson Barrelo Junior, orientação Anna Maria Pessoa de Carvalho. São Paulo: s.n., 2010.
- BARRON, B. (2000). Achieving coordination in collaborative problem solving groups. *Journal of the Learning Sciences*, 9, 403-436.
- BARRON, B. J. S., SCHARTZ, D. L., VYE, N. J., MOORE, A., PETROSINO, A., ZECH, L., et al. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem and project-based learning. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3&4), 271-311.
- BECKER, F. (2009). Aprendizagem e Conhecimento Escolar. I Colóquio Internacional de Epistemologia e Psicologia Genéticas – “A atualidade da Obra de Jean Piaget”. Unesp, Marília. Setembro de 2009.
- BROCKINGTON, G. (2005). A Realidade escondida: dualidade onda-partícula para estudantes do ensino médio; Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade de Educação.
- BROWN, A. L. & CAMPIONE, J. C. (1990). Communities of learning and thinking, or A context by any other name. *Human Development*, 21, 108-125.
- BROWN, A. L. & CAMPIONE, J. C. (1996). Psychological Theory and Design of Innovative Learning Environments: On Procedures, Principles and Systems – p. 289-326. In *Innovations in Learning: new environments for education* / edit by Leona Schauble and Robert Glaser. – Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers – Mahwah, New Jersey, 1996.

- CARVALHO, A. M. P.; GARRIDO, E.; LABURU, C. E.; MOURA, M. O.; SANTOS, M.; SILVA, D.; AVIVI, M. L.; CASTRO, R.; ITACARAMBI, R. R.; GONÇAVES, M. E. 1993 *a História da Ciência, a Psicogênese e a Resolução de Problemas na Construção do Conhecimento em Sala de Aula...* Revista da Faculdade de Educação (USP) São Paulo, v. 19, n. 2, p. 245-256.
- CARVALHO, A. M. P.; [et. al.], Ciências no Ensino Fundamental: O Conhecimento Físico / Anna Maria Pessoa Carvalho – Scipione, 1998. – Pensamento e Ação no Magistério.
- CARVALHO, A. M. P., Termodinâmica: um ensino por investigação Anna Maria Pessoa de Carvalho (coordenadora) et al... São Paulo: FEUSP, 1999. 123 p.
- CARVALHO, A.M.P.; OLIVEIRA, C; SASSERON, L.; SEDANO, L. BASTISTONI, M. *Investigar e Aprender Ciências*, Editora Sarandi, 2011.
- CARVALHO, A. M. P. (b); Uma Metodologia para Estudar os Processos de Ensino e Aprendizagem em Sala de Aula, in *A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias* / organizadoras Flávia Maria Teixeira dos Santos, Ileana Maria Greca. – 2 ed. ver. – Ijuí: Ed. Unijuí, 2011. – 440 p. – (Coleção educação em ciências).
- CARVALHO, A. M. P (c).; Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas - (SEI), in *O uno e o diverso na educação* / Marcos Daniel Longhini, organizador. - Uberlândia: EDUFU, 2011.
- CARVALHO, A. M. P., in Ensino por Investigação : condições para implementação em sala de aula / Anna Maria Pessoa de Carvalho, (org.) – São Paulo : Cengage Learning, 2013.
- CHI, M. T. H., SILER, S. A., JEONG, H., YAMAUCHI, T., & HAUSMANN, R. G. (2001). Learning from human tutoring. *Cognitive Science*, 25, 471-533.
- CHIZZOTI, A. (2011). Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais / Antonio Chizzotti. 4 ed. – Petrópolis, RJ: Vozes.
- CUEVAS, P.; LEE, O.; HART, J.; DEAKTOR, R. (2005). Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds, *Journal of Research in Science teaching*, v. 42, n. 3, p.337 – 357.
- CUNHA, M. V. (2008). Psicologia da Educação / Marcus Vinicius da Cunha. – 4 ed. – Rio de Janeiro: Lamparina, 96 p.

- DEBOER, G. E. (2006). Historical Perspective on Inquiry Teaching, p.17-35. In Scientific Inquiry and Nature of Science. *Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. Edited by L. B. Flick and N. G. Lederman. Science & Technology Education Library. Netherland: Springer, 2006.
- ENGLE, R. A; CONANT, F. R (2002). Guiding Principle for Fostering Productive Disciplinary Engagement: explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, v. 20, p. 399-484, 2002.
- ERICKSON, F., & SCHULTZ, J. (1992). Students' experience of the curriculum. In P. W. Jackson (Ed.), *Handbook of research on curriculum: A Project of the American Educational Research Association* (pp.465-485). New York: Macmillan.
- ERICKSON, F. (1998). Qualitative Research Methods for Science Education, in B. J. Fraser & K. G. Tobin (eds), *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, Great Britain, PP. 1155-1173 1998.
- FREIRE, P. (2001). *Conscientização: teoria e prática da libertação; uma introdução ao pensamento de Paulo Freire/Paulo Freire*. São Paulo: Centauro, 2001.
- FREIRE, P. (1980). *Educação como prática da liberdade*, São Paulo: Paz e Terra.
- GEE, J. P. (1999). *An introduction to discourse analysis: Theory and method*. London: Routledge.
- HATANO, G., & INAGAKI, K. (1989). Sharing cognition through collective comprehension activity. In L. B. Resnick, J. M. Levine, & S. D. Teasley (eds.). *Perspectives on socially shared cognition* (pp. 331-348). Washington, DC: American Psychological Association.
- HIEBERT, J., CARPENTER, T. P., FENNEMA, E., FUSON, K., HUMAN, P., MURRAY, H. et. al. (1996). Problema solving as a basis for reform in curriculum and instruction: The case of mathematics. *Educational Researcher*, 25 (4), 12-21.
- HERRENKOHL, L. R., & GUERRA, M. R. (1998). Participant structures, scientific discourse, and student engagement in fourth grade. *Cognition and Instruction*, 16, 431-473.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. PILAR; RODRÍGUEZ, ANXELA, BUGALLO; DUSCHL, R. A. "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. In *Science Education*, vol. 84, Issue 6, pp. 757-792 (2000)

- LAMPERT, M. (1990). When the problem is not the question and solution is not the answer: Mathematical knowing and teaching. *American Educational Research Journal*, 27(1), 29-63.
- LEMKE, J. L. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: MARTIN, J. R. e VEEL R. (Eds.) *Reading Science: functional perspectives on discourses of science*. London, Routledge, 1998
- LEMKE, J.L. (1997) *Aprendendo a hablar ciencias: linguagem, aprendizagem y valores*, Paidós, Barcelona.
- LOCATELLI, R.J., CARVALHO A.M.P. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividade de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em ciências*. v.7, p.1-18, 2007
- MÁRQUEZ, C., IZQUIERDO, M., ESPINET, M. Comunicación Multimodal en la Clase de Ciencias: El Ciclo Del Agua. *Enseñanza de las Ciencias*, v.21, n.3, p. 371-386, 2003.
- McDERMOTT, R. P., GOSPODINOFF, K., & ARON, J. (1978). Criteria for an ethnographically adequate description of concerted activities and their contexts. *Semiotica*, 24, 245-275.
- McDONALD, J. P. (1992). Dilemmas of planning backwards: Rescuing a good idea. *Teachers College Record*, 94, 152-169.
- MERCER, N. (1995). *The Guided Construction of Knowledge: Talk Among Teachers and Learners*. Library of Congress Cataloging in Publication Data,
- MOREIRA, ADELSON F., & PONTELO, IVAN. Níveis de Engajamento em Atividade Prática de Física com aquisição automática de dados. *Revista Brasileira de Educação em Ciências*, 2009, v. 9, n. 2, p. 148-167.
- MORTMER & SCOTT. Atividade discursiva nas salas de aula de ciencias: Uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências – V7(3)*, pp. 283-306, 2002
- NASCIMENTO, SILVANIA SOUZA & PLANTIN, CHRISTIAN (organizadores), *Argumentação em ensino de ciencias – 1 ed. – Curitiba: Editora CRV, 2009.*
- NUNES, ANDERSON LUPO; *A Física Quântica para Todos*. XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007.
- OLIVEIRA, C. M. A., CARVALHO, A. M. P. Escrevendo em aulas de Ciências. *Ciência e Educação* (UNESP. Impresso) v.11, p.347 - 366, 2005.

- OLIVEIRA, M. K. (1997). *Aprendizado e Desenvolvimento: um processo sociohistórico*. São Paulo: Scipione, 1997. - Pensamento e ação no magistério.
- OLIVEIRA, M. K. (1992). Vygotsky e o Processo de Formação de Conceitos. IN Piaget, Vygotsky e Wallon: Teorias psicogenéticas em discussão / Yves de La Taille, Marta Khol de Oliveira, Heloysa Dantas. p. 23 – 34. – São Paulo: Summus, 1992.
- PESSOA JR., O. *Conceitos de Física Quântica* / Osvaldo Pessoa Jr. – 1º ed. – São Paulo: Editora Libreria da Física, 2003.
- PIAGET, J. O Nascimento da Inteligência na criança. Título original "*La Naissance de l'Intelligence chez l'Enfant*" – tradução da 5ª ed, publicada em 1966 por DELACHAUX ET NIÉSTLE, de Neuchâtel, Suíça. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1970.
- PIAGET, J. (1978). A Epistemologia Genética; Sabedoria e Ilusões da Filosofia; Problemas de Psicologia Genética. In: Piaget. Traduções de Nathanael C. Caixeiro, Zilda A. Daeir, Celia E.A. Di Pietro. São Paulo: Abril Cultural, 1978. 426p. (Os Pensadores).
- PIAGET, J. (2011). Para onde vai a educação? / Jean Piaget; tradução Ivette Braga. – 21. ed. – Rio de Janeiro: José Olympio, 2011.
- PIAGET, J. (2013). A Psicologia da Inteligência / Jean Piaget; tradução de Guilherme João de Freitas Teixeira – Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.
- REGO, T. C. (2013). Vygotsky: uma perspectiva Histórico cultural da educação / Tereza Cristina Rego, 24 ed. – Petrópolis, RJ: Vozes, 2013 – (Educação e Conhecimento).
- SASSERON, L. H. (2008) Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula – Tese de Doutorado – 2008 – Faculdade de Educação da USP.
- SASSERON, L. H., CARVALHO, A. M. P. (2008) Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências* (UFRGS). , v.13, p.333 - 352.
- SASSERON, L. H. (2009). Ensino de Ciências para a Alfabetização Científica: analisando o processo por meio das argumentações em sala de aula. IN

- Argumentação e ensino de ciências / Sylvania Sousa do Nascimento, Christian Plantin, (organizadores). – 1ª ed. – Curitiba: Editora CRV.
- SASSERON, L. H., CARVALHO, A. M. P. (2011). Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência e Educação* (UNESP). , v.17, p.97 - 114.
- SASSERON, L. H. (2013). Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula* / Anna Maria Pessoa de Carvalho, (org.).-São Paulo : Cengage Learning, 2013.
- SCARDAMALIA, M., BEREITER, C., & LAMON, M. (1994). The CSILEproject: Trying to bring the classroom into World 3. In K. McGilly (ed.) *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and educational practice* (pp. 201-228). Cambridge, MA; MIT Press.
- SCHAUBLE, L., GLASER, R., DUSCHL, R. A., SCHULZE, S., & JOHN, J. (1995). Students' understanding of the objectives and procedures of experimentation in the science classroom. *Journal of the Learning Sciences*, 4(2), 131-166.
- SCHULTZ, J. J. FLORIO, S., & ERICKSON, F. (1982), Where's the floor? Aspects of the cultural organization of social relationship in communication at home and in school. In. P. Gilmore & A. A. Glatthorn (Eds.), *Ethnography and education* (pp. 88-123). Washington, DC: Center for Applied Linguistics.
- SILVA, A.C.T.; MORTIMER. Estratégias enunciativas em salas de aula de Química: contrastando professores de estilos diferentes. 2008, 476f. (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- SILVA, A.C.T.; MORTIMER. Estratégias enunciativas em salas de aula de química: Parte 1-a dimensão da interatividade. In. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. Anais do VII Encontro Nacional em Ensino de Ciências – ENPEC. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009.
- _____. Estratégias enunciativas em salas de aula de química: parte 2 – fomentando o engajamento disciplinar produtivo. In. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO E CIÊNCIAS, 7., 2009,

- Florianópolis. anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências – ENPEC. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009.
- STAKE, R. (1994). Case studies. In: DENZIN, N.; LINCOLN, Y.S. (orgs.). *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks, CA: Sage, 1994, cap. 14, p. 236-247.
- TANNEN, D. (1989). *Talking voices: Repetition, dialogue, and imagery in conversational discourse*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- TOULMIN, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- VIGOTSKI, L. S., (1978). *Mind in society: The development of higher psychological process* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds. and Trans.) Cambridge, MA; Harvard University Press.
- VIGOTSKI, L. S., (1999). O Desenvolvimento Psicológico na Infância. Lev Semenovich Vygostky, tradução: Claudia Berliner. Ed. Martins Fontes, São Paulo – 1999.
- VIGOTSKI, L. S., (2004). Psicologia Pedagógica / L. S. Vigotsky: tradução do russo e introdução de Paulo Bezerra. – 2ª ed. – São Paulo: Martins Fontes, 2004.
- ZANELLA, A (1994). Zona de desenvolvimento proximal: análise teórica de um conceito em algumas situações variadas. *Temas psicol.*, 1994, vol.2, no.2, p.97-110. ISSN 1413-389X.

ANEXOS

Anexo I

Tabela com transcrições, ações/gestos, indicadores de EDP: atividade de Modelos na Física (caixa preta) – aula de 21/09/2012 – aproximadamente 50 minutos de gravações – 3ª série B – Ensino Médio.

Professor: Well			
4Well_3B_cx_preta_camgrup_a1p1_21/09/2012			
Turno		Descrição	Ação/gestos
1	00:00	P:O projeto que a gente vai iniciar hoje a gente vai começar com uma atividade e essa atividade ela tem um caráter um pouquinho investigativo... ou seja... vocês vão tá trabalhando um pouco aí na perspectiva de como vocês fossem um cientista... então... o que que vocês vão fazer, pessoal... Nós vamos nos dividir em oito grupos... cada grupo pode ter no máximo, oito não, vai dar uma maioria de sete a oito... vai depender da quantidade de pessoa... cada um vai fazer grupo de quatro pessoas... e aí eu vou pedir o seguinte...que cada grupo fique num cantinho da sala, então vamos ver...	Professor em frente à turma manipulando a caixa
2	00:36	Alunos: Conversa.	
3	00:40	P: Estamos em vinte e sete mais ou menos... então da certinho... Sete grupos com quatro integrantes... Eu vou entregar pra cada grupo uma folha de sulfite... nessa folha de sulfite vocês colocarão o nome completo de cada um com o numero e a turma, beleza? E aí a tarefa nossa hoje... Pessoal... tá tudo aqui... a tarefa de vocês vai ser isso aqui... Eu vou entregar pra cada grupo uma caixinha dessa aqui que a gente tá batizando a partir desse momento de caixa preta... qual é a tarefa de vocês enquanto cientistas... né, investigador... Vocês vão manipular essa caixinha... não pode abri-la em hipótese alguma... só que vocês vão fazer o seguinte... vocês vão olhando que ela tem duas extremidades aqui? E aí vocês vão brincar de manipular isso daqui e a tarefa de vocês vai ser a seguinte... vocês vão ter que tentar representar no papel por meio de uma figura, uma ilustração como é que isso aqui funciona... Vocês vão brincar de mexer com isso aqui... vão tentar desenhar no papel qual é o mecanismo que tem aqui dentro... se é que tem alguma coisa aqui dentro... que explica porque que isso aqui funciona... depois que todo mundo fizer vou dar um tempo e vou passando de grupo em grupo... depois cada grupo virá aqui na frente e vai ter que expor pros demais.. Como é que pensou... imaginou o funcionamento dessa caixinha... beleza? Pessoal, é tranquilo, sem medo de errar tá gente? A gente tá aqui... a gente não sabe o que tem aqui dentro mesmo... então vamos tentar agir da maneira natural mesmo... se você não sabe o que tem aqui, vamos começar a pensar, a imaginar... conversem entre vocês em grupo... certamente vocês vão chegar em um consenso... tá legal?	Professor continua com as explicações
4	02:23	A1: P... e se eu imaginar que tem (um bicho) aí dentro?	
5	02:25	P: Boa pergunta... só Deus sabe... Pessoal... o legal vai ser assim... cada um vai fazer o seu desenho... depois a gente vai vir aqui na frente e é legal que cada um vai comparar o seu... tá? Ninguém vai ver quem que é melhor que um... ou que é melhor que outro... Pessoal... dividam-se em grupo aí... sete grupos de quatro pessoas...	
6	02:29	Alunos: Conversa...	Alunos se acomodam em

			grupos. Isto dura mais ou menos 2 minutos.
7	04:32	A17: Sacode aí pra ver se tem alguma coisa dentro...	Gesticulando com o braço direito
8	04:33	A19: Não tem (não faz barulho).... não faz barulho.... Isso aqui é uma madeira.... certo?	Pega a caixinha de A17 e mexe em uma das hastes externas
9	04:36	A17: Não.... Do que será que ele é feito? Madeira?	Apontando para a parede da caixa que parece estar revista por fita isolante preta.
10	04:39	A19: Ele tá enrolado em alguma coisa....	
11	04:42	A18: Eu acho que é uma esponja....	Manuseando a caixa.
12	04:44	A19: Não parece....	
13	04:45	A20: Eu acho que é uma	
14	04:46	A18: Por que se você tocar assim.... dá pra você sentir alguma coisa.... parece que é uma esponja...	A19 segura a caixa com a mão esquerda e bate nela com os dedos da mão direita.
15	04:50	A20: Eu acho que é uma mola....	
16	04:51	A17: Pera aí.... você só acha A19.... Gente ó....Dá licença.... A20.... Já sabemos que ele é feito de madeira e se eu puxar de um lado estica do outro.... Vai desenhando.... anotando isso....	A17 pega a caixa e puxa uma das hastes, ao mesmo tempo A19 tenta também mexer na caixa.
17	04:11	A20: Vai.... ó.... tem um lápis.... uma lapiseira porque lápis é coisa de pobre...	Entregando o lápis para A17.
18	05:16	A18: Ele vai dar uma folha.... se não sabe?	
19	05:20	A20: Rascunho.... rascunho.... filha... Eu posso dar uma olhada?	
20	05:25	A19: Tem um plástico aqui dentro...	Manuseando a caixa
21	05:26	A20: Deixa eu ver...	Pega a caixa de A19 e chacoalha próximo ao ouvido.
22	05:29	A19: Não.... você vai ter que mexer nos negócios e ouvir... Faz um barulhinho meio que uma garrafa...	Gesticulando com as mãos para mostrar para A20 como ela deve proceder.
23	05:44	A18: Dá pra ouvir?	
24		A20: Pera....Não tou ouvindo nada...	Pega a caixa e chacoalha próximo do ouvido. Em seguida.. se debruça sobre a caixa.. encostando-a no ouvido e manuseando-a
25	05:55	A19: Não... Tem sim de plástico... Puxa os dois lados.... os dois lados...	Gesticulando com as mãos.
26	06:02	A20: Eu acho que tem uma mola aí...	
27	06:10	A17: Pra que será que serve isso? Tem um negócio aqui.... ó... Deve ter uma mola.... porque você sacode assim tem um negocinho... Deve ter uma mola porque quando você sacode assim	Balançando a caixa com a mão direita. A19 pega a caixa de A17 e sacode, tentando justificar a sua hipótese.
28	06:27	A19: Ela faz um barulho quando você mexe.... então eu acho que não é uma esponja.... porque se não....	A18: encosta a caixa no ouvido e manuseia a haste.
29	06:31	A20: Eu acho que tem uma mola...	A18 coloca a caixa sobre a mesa e encosta o ouvido direito nela.
30	06:34	A17: Mas por que será que quando você puxa um lado o outro também estica?	Mostrando com as mãos o movimento
31	06:37	A19: É por causa do elástico...	
32	06:42	A18: Por causa do elástico.... é o mesmo....	
33	06:43	A20: É você puxa.... ó se você puxar o lado de lá estica também.... tá vendo?	Puxando uma das hastes
34	06:48	A17: Então.... pera.... pera....	
35	06:51	Aluno 18: Se eles fossem separados.... eles tão juntos.... eles tão juntos... Se ele fosse separado não ia fazer isso... ((Elabora uma hipótese para justificar a sua afirmação de	

		que é um elástico))	
36	06:59	A17: Mas o que seria pra puxar um lado e esticar o outro?	
37	07:01	A18: Um elástico...	
38	07:04	A20: Mas se fosse um elástico puxaria só um lado.... não esticaria o outro...	((A20: retoma novamente a caixa e a sacode repetidamente))
39	07:13	A18: Pode ser um elástico e uma mola...	
40	07:18	A19: Agora como ilustrar isso.... vai anotando aí.... elástico.... mola...	
41	07:28	A17: Anotei aqui.... ele é feito de madeira.... quando puxa um lado o outro também estica.... ele tem uma mola ou um elástico...	
42	07:35	A18: Ou os dois...	
43	07:36	A17: Ou uma mola e um elástico...	
44	07:38	A18: A gente tem que adivinhar o que que tem dentro...	
45	07:41	A19: É mais ou menos uma coisa que tem no centro que se você puxar ele estica e aí empurra o outro lado	Gesticulando com as mãos para mostrar a separação entre os lados
46	07:47	A18: Vamos abrir? Hahahahaha	
47	07:50	A18: A câmera aí...	
48	08:01	A19: Tem um prego aqui?	
49	08:04	A17: Prego? Então vai.... a gente tem que fazer.... ó.... se eu puxo um lado.... que que faz o outro pular?	Gesticulando com as mãos.
50	08:16	A19: Ó o barulhinho.... ó o barulhinho...	Batendo na caixa.
51	08:18	A17: Isso é barulho da madeira.... A19... Então.... tem uma bolinha aí...	
52	08:26	A18: Tem alguma coisa aqui...	
53	08:28	A20: Eu acho que é uma mola...	
54	08:25	A17: A gente já sabe que são dois ferrinhos...	
55	08:38	A18: ((A18 encosta a caixa no ouvido por alguns instantes)) Ah.... tá ligado.... não tem uma bicicleta? A bicicleta não tem uma corrente? Não tem um rolete? É o rolete... Ó.... aqui tem uma bicicleta... Esse aqui é onde a corrente passa.... entendeu? Tem um rolete ali dentro...	Desenhando na folha de papel o que está pretendendo que os colegas entendam
56	09:01	A20: E qual que é a função do rolete?	
57	09:03	A18: Quando você pedala e o....	
58	09:08	A20: Esqueceu da gente? ((Se dirigindo ao professor))	Se dirigindo ao professor
59	09:09	P: Não é que eu fui dando a volta... Ó.... marquem aqui nome.... numero e turma de vocês.... tá? Nome completo.... aqui vocês vão tentar desenhar no papel de maneira mais legível possível uma figura que ilustre o que vocês acham que tem lá dentro que ilustre o mecanismo que funciona ali... Então.... não se preocupa se o desenho não for todo bonito.... não é isso.... mas eu quero que vocês façam de uma maneira bem legível o que vocês acham que tem ali dentro.... aí vocês vão dialogar entre vocês e tentar chegar num consenso...	
60	09:38	A20: Não tem como eu saber o que que tem aqui dentro.... mas que diacho...	Manuseando a caixa.
61	09:42	A19: Acho que eu entendi o que ela quis dizer.... é meio	Desenhando na folha de

		que assim.... como se fosse uma engrenagem.... aí... por exemplo... se essa parte descer.... a outra também desce.... porque vai encaixando...	papel. Depois mostra com as duas mãos abertas o movimento de uma engrenagem.
62	09:50	A18: Mas se essa.... se faz diferença uma vai pro lado e outra vai pro outro...	Gesticulando com as mãos o movimento das engrenagens.
63	09:54	A20: Não.... mas como que vai ser isso?	Mostrando a haste na face da caixa.
64	09:58	A17: Não.... mas é que assim.... ele puxa essa parte vai ta rodando pra lá...	Gesticulando com as mãos.
65	10:02	A19: É meio que inclinado.... puxa de um lado.... aí essa vai se mover.... essa se movendo a outra também se move...	Mostrando com as duas mãos abertas o movimento das engrenagens.
66	10:05	A20: Aí a outra teria que vir pra dentro...	Manuseando a caixa.
67	10:10	A17: Como se isso aqui fosse o pedal....	
68	10:11	A18: Não.... esquece o pedal... Ó.... quando você abre um relógio não tem um negocio que fica girando.... um gira pra um lado e um gira pra outro? São assim.... as engrenagens...	Mostrando com as mãos como seria o mecanismo do relógio.
69	10:23	A17: Então desenha aí...	
70	10:24	A18: Mas e aquele negócio da bicicleta que você pedala?	
71	10:27	A17: Só que você coloca dois ferrinhos.... entendeu.... na ponta...	
72	10:34	A18: Igor.... per aí... Aqui.... ó.... aqui na bicicleta fica o pedal e o outro lado fica outro pedal... E aqui.... ó.... aqui em volta passa a corrente.... entendeu?	Desenhando na folha de papel.
73	10:51	A19: Você vai pedalando ela vai empurrando pra frente...	Rabiscando na folha de papel.
74	10:52	A18: Se você pedalar.... ó.... você vai pedalar....	Gesticulando com as mãos para mostrar o movimento dos pedais
75	10:58	A20: Então seria assim.... ó ao contrario.... mas meu não tem como...	Mostrando com gestos manuais. Em seguida, pega a caixa.
76	11:01	A17: Rodar ela não roda em vez dela rodar ela....	Gesticulando com as mãos.
77	11:06	A18: Então isso aqui tá ao contrario...	Pegando a caixa das mãos de A20 e mostrando como seria o movimento.
78	11:09	A17: Olha.... rodar ela não roda...	Segurando a caixa e empurrando uma das hastes na face externa
79	11:15	A18: Se você for fazer assim tem que imaginar	Pondo a caixa próximo ao ouvido e puxando a haste.
80	11:18	A20: Eu ainda acho que é uma mola...	
81	11:24	A17: É então.... é como se essa corrente aqui você puxa um lado a corrente se move pra lá... Entendeu? Esse lado aqui é o.... tipo pedal da direita com o outro...	Mostrando com as mãos os movimentos da corrente.
82	11:33	A19: Por enquanto vai colocando os nomes aí.... alguém aí coloca...	
83	11:37	A17: Dá uma caneta aí.... não.... caneta se não alguém pode roubar nossas ideias...	Enquanto isto A18 está com a caixa colocada junto ao ouvido tentando identificar o barulho do mecanismo
84	11:44	A18: Faz assim.... ó... Ta ouvindo?	A18 coloca o caixa no ouvido de A17 para que ela constate a sua afirmação sobre a caixa.
85	11:49	A17: Tá parecendo negocio de relógio mesmo...	Com a caixa, sendo segurada por A17, próxima ao seu ouvido.
86	11:52	A18: Tá ouvindo.... A20?	A17 coloca a caixa próximo ao ouvido direito de A20.

87	11:54	A17: Parece um negocio de relógio mesmo...	
88	11:57	A20: É uma mola...	
89	11:58	A18: É uma mola com isso daqui... É uma mola com essa engrenagem aqui.... só pode...	Segurando a caixa e gesticulando com a cabeça o movimento exemplificado.
90	12:06	A20: Não tem como colocar uma mola nesse trem aqui.... A18...	Apontando com a caneta o desenho que está na folha de papel.
91	12:08	A18: Tem sim A20...	Com a caixa próxima ao ouvido.
92	12:10	A17: É que a gente não ta vendo... Tem que ver com os ouvidos... Entendeu?	Gesticulando com as mãos.
93	12:18	A19: As árvores somos nozes... É a caneta do Percy Jackson.... você aperta vira uma espada... Nunca assistiu Percy Jackson e o ladrão de raios?	
94	12:31	A18: Aqui.... ó.... tunder.... tunder.... é o Hary Potter...	
95	12:46	A20: Dá.... minha caneta de ouro...	
96	12:53	A19: Aqui tem um prego... Certeza...	
97	12:59	A20: Eu tenho certeza que tem uma mola aí dentro...	
98	13:07	A17: Você é trinta e nove?	
99	13:08	A20: Sim...	
100	13:10	A18: Sim.... é um prego... Dá pra ver que é um prego... (...)	
101	13:30	A17: Nós sabemos que a função é da engrenagem...	
102	13:34	A18: Aí tem uma mola... Tem uma engrenagem e uma mola...	
103	13:38	A17: Qual é a função da mola?	
104	13:40	A18: É.... qual é a função da mola não.... do elástico...	
105	13:44	A19: Só funciona se eu puxar.... se eu empurrar o outro lado meio que não move... Só se você puxar que sente aqui... Acho que é mesmo a linguinha que você falou...	
106	13:53	A20: Mas como que vai ter uma linguinha aí pra fazer esse troço?	
107	14:03	A18: Calma.... aqui tá um fio....	
108	14:06	A20: E a mola vai tá onde?	
109	14:13	A18: Eu to dando a ideia... É a ideia... É a ideia.... to dando a ideia...	
110	14:20	A20: Tá mas aí tem que.... tem que dar a ideia baseado nisso aqui...	
111	14:24	A17: A gente ainda não entendeu o que empurra o negocio pra lá...	
112	14:26	A20: É a mola...	
113	14:30	A17: Mas a mola.... se a mola tá aqui.... tipo se tiver uma mola mesmo se você puxar a mola vai diminuir.... tipo se ela tiver	

		presa na mola.... tipo a mola tá reta se você puxar a mola diminui ou ela estica... Vou pegar informações...	
114	14:58	Alunos Conversas...	
115	15:04	A20: É uma mola	
116	15:13	A17: Eles já desenharam isso no papel.... por isso que eu to falando... Eles desenharam a engrenagem... (....) também pode ter um negócio que tipo uma máquina.... uma coisa que empurra ela pra lá... Que quando você puxa ali o outro empurra... Vai assim.... ó.... tem um negocio aqui.... aí eu puxo esse negócio pra ele ir pra lá... Por que aí empurra o ferrinho pro outro lado também...	
117	16:28	A17: Puxo e solta isso aí pra gente ver se tem uma mola mesmo...	
118	16:32	A18: Uma mola tem.... certeza?	
119	16:35	A17: Uma mola ou um elástico?	
120	16:38	A20: Olha.... quem vai ficar com a parte de desenhar?	
121	16:40	A17: O Igor...	
122	16:43	A19: Eu não quero a lapiseira.... se não a ponta vai quebrar...	
123	16:38	A20: Pobre quando nasce pobre a gente não pode enfiar riqueza nele...	
124	16:56	A19: Eu sou a cara da riqueza... Eu sou a cara da riqueza... Me dá alguma coisa pra eu apoiar...	
125	17:05	A20: Folgada.... ela quer que eu pegue meu negócio aqui...	
126	17:08	A17: (....)	
127	17:11	A19: Tem uma régua? Régua.... não? Ninguém tem?	
128	17:13	Alunos: Conversas...	
129	18:24	A17: Tá vendo que o ferrinho que tem aqui em baixo tem aqui em cima.... pode ter alguma coisa tipo assim.... quando um ferro tá aqui o outro tá aqui.... quando você empurra.... ele faz assim.... ó.... quando você puxa.... tá vendo? Você puxa esse lado...	
130	18:36	A20: Não.... acho que deve estar assim.... mais ou menos assim... Tá o bagulhetes aqui assim.... aí deve tá assim.... aí assim...	
131	18:48	A18: É o que ela tá falando...	
132	18:50	A17: Então.... aí você puxa um lado....	
133	18:52	A19: : Mas o que vai tá dando esse negócio?	
134	18:55	A20: Aí tem uma mola... Quando você fosse puxar a mola pra cá.... tenderia pra cá...	
135	19:05	A19: Não.... mas se você for puxar um lado da mola.... só um lado vai esticar.... o outro lado vai ficar intacto... Precisa de mais alguma coisa pra hora que puxar empurrar a outra parte e a mola esticar por completo.... que aí os dois lados esticavam...	
136	19:18	A17: Já sabemos que não é uma engrenagem... Pode fazer isso aqui em vez de fazer esse aí da A20...	
137	19:28	A18: Tá.... mas a mola....	
138	19:32	A17: Agora a gente tem que saber pra que que a mola serve...	
139	19:35	A18: Tá a mola você puxa de um lado.... isso daqui tá indo pro outro lado... Não faz sentido não... Ó.... esse vai pra esse lado.... mas esse.... a mola.... isso aqui.... quando você puxa a mola.... a mola vai pro mesmo lado.... mas aqui vai pra este lado aqui...	A18, à medida que fala, vai rabiscando na folha de papel
140	19:56	A17: Já sei o que se move.... porque que se move.... daqui a pouco to fazendo sozinha...	Gesticulando com as mãos.
141	20:02	A18: Faz muito sentido.... mas esse negócio da mola que não tá fazendo sentido...	Apontando para o desenho na folha de papel.
142	20:06	A19: Pois é.... então puxando desse lado obviamente o outro lado vai descer.... empurrando o de cima...	A19 improvisa um possível modelo para o mecanismo utilizando-se de dois lápis e uma folha de papel. Os lápis fazendo o papel das hastes.

143	20:11	A20: Já sei... Tem um computador aqui dentro que fala esse vai pra á e esse pra cá... Pronto...	Apontando para o desenho na folha de papel.
144	20:18	A19: É o Windows 8...	
145	20:21	A18: É Android... É Android...	
146	20:24	A20: Poe aí Aple...	
147	20:32	A19: Mas o que que vai ser esse negócio.... a gente precisa pensar nisso...	
148	20:36	A17: Pra que teria um prego aqui? A gente precisa saber isso...	Mostrando uma das faces da caixa.
149	20:40	A19: Pra segurar o negócio que vai ficar aí...	
150	20:49	A17: Ó.... tem um prego no meio e tem outro prego em cima...	
151	20:51	Alunos (....)	
152	20:56	A17: Tem um outro prego em cima...	
153	21:01	A20: Aqui não é um prego...	
154	21:02	A18: Não é um prego isso daí.... muito macio pra ser um prego...	
155	21:04	A17: É macio?	
156	21:04	A19: Já sei.... já sei.... espera.... espera.... ó.... ó.... já sei.... já sei.... espera... Aqui tá a caixa certo? Vamos supor que seja um pauzinho aqui.... o prego tá aqui no meio.... os araminhos tão preso aqui.... se eu puxo aqui esse lado concorda que essa parte vai ficar assim e essa parte também vai ficar assim e empurra o arame assim? Não é nada mais que isso um pedaço de pau.... um prego no meio e arame... Eles tão presos aqui.... com alguma coisa aqui pra não escapar e presos.... pronto... Faz sentido... Pronto...	
157	21:42	A19: Faz essa bagaça aí mano...	
158	21:43	A20: Não.... pera aí.... pera aí... (....) mas eu acho que isso aqui é muito mole pra ser um pauzinho... Poem a mola no lugar do pauzinho...	
159	21:59	A17: É a nossa liguinha.... porque a mola não estica...	
160	22:03	A18: Ó.... o pauzinho Taina tá aqui...	
161	22:05	A20: Mas tá muito mole pra ser o pauzinho...	
162	22:06	A18: O pauzinho ele não pode.... o prego não é certeza que tá nomeio certinho.... o buraco do prego pode ser que seja maior (....) fazendo que o prego.... fazendo que o negócio faça esse movimento...	
163	22:26	A20: E isso aqui é o que?	
164	22:27	A17: E também não pode ser a mola porque quando você puxa a mola de um lado a mola fica.... a mola não fica aberta?	
165	22:37	A18: Isso aqui é o movimento que pauzinho vai fazer...	
166	22:39	A20: To perguntando isso aqui...	
167	22:41	A18: É o movimento que o pauzinho vai fazer...	
168	22:46	A20: Mas isso tá muito mole pra ser um pau... Não é um pau...	
169	22:53	A18: Tainá.... olha.... tá eu sei que é mole.... mas tem uma	

		liguinha aqui.... uma liguinha aqui.... um prego e um pau...	
170	23:01	A20: Mas me diz como?	
171	23:04	A18: Isso aqui tá preso na liguinha	
172	23:07	A17: Não tá preso na madeira.... por que se tivesse preso isso aqui não roda...	
173	23:09	A20: Calma.... a madeira tá presa?	
174	23:11	A17: Não a madeira deve tá amarrada.... porque se ela tiver presa.... pregada mesmo ela não vai rodar...	
175	23:15	A20: Mas como que isso vai ser uma liguinha sendo que aqui tem uma liguinha... Deixa eu falar... Tem uma liguinha aqui e outra aqui.... certo? Como que vai puxar uma liguinha aqui e vai mexer outra liguinha aqui?	
176	23:28	A17: Tainá.... a liguinha só tá segurando.... Tainá... O que se mexe é a madeira...	
177	23:32	A20: Não tem madeira nisso aqui...	
178	23:38	P: Fala pra mim o que que vocês tão achando aí... Me explica aí...	
179	23:41	A18: Ó.... P:.... a gente acha que isso aqui é uma madeira e isso aqui (....) isso aqui é uma madeira.... isso aqui é um prego....	
180	23:51	A17: É um prego que tem aqui no meio...	
181	23:56	A19: Ali são os arames...	
182	23:59	A18: Aqui vai ter um elástico... Quando você puxa.... Como isso aqui tá preso no elástico vai fazer esse movimento.... fazendo isso...	
183	24:09	P: E aí quando você solta?	
184	24:10	A18: Aí quando você solta ela volta ao normal...	
185	24:14	A20: Mas eu ainda acho que isso não é uma madeira... Porque é muito mole pra ser um pau P:...	
186	24:19	A17: A madeira (....) não faz coisa...	
187	24:23	P: Eu já to ficando doido porque cada grupo que eu vou	
188	24:24	A17: Você não sabe.... P:? Você também não sabe?	
189	24:38	P: Foi o Léo que trouxe pra mim... O importante é assim.... é que cada grupo depois vier aqui na frente.... cada um vai ter que vender seu peixe.... vamos dizer assim...	
190	24:44	A20: Mas depois a gente pode desmanchar ou não?	
191	22:45	P: Não.... não pode porque depois eu vou usar com a outra sala...	
192	22:49	A17: (....)	
193	22:51	P: Não depois eu vou dar um jeito de justificar pra vocês...	
194	24:55	A18: Ah tem que dar P:.... porque eu to....	

195	24:57	P: Se vocês quiserem depois desenhar a caneta pra reforçar porque depois a gente vai escanear...	
196	25:02	A17: E tenho canetinha se você quiser...	
197	25:05	A18: Não.... vamos fazer de caneta vermelha.... preta e azul...	
198	25:13	A17: Então a mola a gente já descartou porque a mola quando estica um lado da mola ela fica estica e ela não volta mais.... tem que apertar muito pra ela voltar... E como são movimentos fracos	
199	25:23	A18: Mano.... vai ser da hora apresentar...	
200	25:26	A17: E olha.... Jana.... já saber também porque que ela não roda.... porque ela tá presa na madeira...	
201	25:33	A18: Zica mano.... isso daqui devia valer dinheiro que eu to precisando...	
202	25:37	A19: Só você.... né?	
203	25:40	Alunos Conversas...	
204	26:01	A18: Faz setas.... tipo prego.... liguinha....	
205	26:04	A17: E onde a gente vai colocar o elástico aqui?	
206	26:05	A18: O elástico vai tá preso aqui.... segurando isso daqui...	
207	26:09	A17: Não esquece de desenhar o elástico...	
208	26:11	A18: O elástico vai aqui e volta...	
209	26:19	A19: Escrevo madeira ou pedaço de pau?	
210	26:20	Alunos 2 e 5 ((respondem simultaneamente)) Madeira...	
211	26:25	A17: Olha.... entendemos porque que ela não roda...	
212	26:31	A18: A liguinha ela prende bem...	
213	26:33	A17: É.... a liguinha tá presa na madeira e no prego...	
214	26:36	A20: Mas se fosse uma liguinha ia ficar mais duro pra puxar	
215	26:39	A17: Tainá é da oposição gente.... o que que ela tá fazendo aqui?	
216	26:41	A18: Tainá.... você vai pro outro grupo...	
217	26:45	A19: Gente espera.... espera.... se tiver uma liguinha aqui e outra aqui na hora de puxar estica.... mas se você soltar ninguém vai puxar de volta.... fazendo voltar ao original.... vai ficar.... ela tá meio que presa aqui nos cantos.... certo?	
218	26:56	A17: Não entendi.... como assim?	
219	26:57	A19: Onde que a liguinha vai tá?	
220	26:58	A18: Ó.... a liguinha vai tá presa nos arames... (...)	
221	27:08	A20: Entendi que era uma galinha...	
222	27:10	A19: Exatamente.... a galinha que tá rodando os negocinhos	

		aqui... Descobri tudo...	
223	27:16	A18: A galinha que fica pedalando	
224	27:22	A19: A galinha da knor...	
225	27:24	Aluno5 Tem um milho pendurado...	
226	27:26	A19: Acho que é isso mesmo...	
227	27:31	A17: Mas você tá vendo aqui em baixo não tem elástico.... você vê que é só em cima...	
228	27:34	A19: Vai ver faltou espaço aqui em cima encaixaram aqui do lado...	
229	27:42	A20: Vou jogar essa caixa na cabeça daquele cara ali.... meu Deus do céu.... mas que negócio difícil... Dá onde que ele tirou essa bendita dessa caixa?	
230	27:58	A18: Aqui no meio tem outro prego... Presta atenção... Ó.... tem um prego aqui.... tem alguma outra coisa aqui... Eu vou trabalhar no CSI...	
231	28:02	Alunos (...)	
232	28:42	A17: A gente deixa isso assim.... mas vamos se aprofundar mais.... fiquei curiosa... Isso daqui também é um prego... Será que esse prego é pra.... esse daqui é pra segurar a madeira?	
233	28:56	A20: Você não fica botando dificuldade não.... tá?	
234	28:59	A18: Eu acho que o que tá segurando a madeira é esse negócio aqui ó... É o.... esse papel aqui.... qual o nome desse trem? Fita isolante... É isso que tá segurando a madeira... Porque pra que que enfiaram tanta fita isolante nessa bagaça?	
235	29:11	A17: E se for só pra pintar?	
236	29:13	A18: Que pintar mano.... se fosse pra pintar usava tinta guache.... tá aí pra isso.... né não?	
237	29:27	A17: Nois tem que achar o lugar do elástico agora... Primeiro o elástico...	
238	29:39	A18: Então temos três lugares com prego.... é isso mesmo.... só pode.... porque tem aqui.... tem aqui e tem aqui... Esse prego pega nesse aqui.... esse prego pega nesse aqui.... esse prego é pra dar sustentabilidade...	
239	29:57	A17: Mas esse elástico aqui? Na hora que a madeira vai o elástico vai fazer o que? Qual é a função do elástico?	
240	30:01	A19: O elástico vai esticar certo? Mas quando você solta o elástico tem que voltar... Como que ele vai voltar? Se você soltar quando você estica o elástico ele volta...	
241	30:09	A17: Ah então aqui o elástico vai pra cá e o daqui também vem pra cá...	
242	30:15	A19: Olha descobri uma coisa... Coloca o dedo aí no meio...	
243	30:16	A18: Tem um prego... Então.... é o que a gente tá falando quando isso aqui se move o (...) porque isso aqui.... ó.... (...) isso aqui vai se mover... Mano do céu.... eu sou muito	

		zica.... eu sou muito zica...	
244	30:44	A17: Já descobrimos do elástico do prego.... pronto...	
245	30:50	Alunos Conversas...	
246	31:31	A17: Você vai fazer outro.... Igor? Tá bom aquele lá...	
247	31:32	A19: Não tá não...	
248	31:32	A17: Não tava bom aquele desenho? Tá bom.... Igor...	
249	21:40	A18: Agora tem que pintar...	
250	31:42	A17: Quem vai ter o dom artístico?	
251	31:50	Alunos Conversa...	
252	32:08	A18: O pior é que a gente vai ouvir o das outras pessoas e vão fazer sentido...	
253	32:11	A17: Vai fazer sentido.... mas aí a gente vai mostrar o nosso... Ele falou a gente vai ter que vender nosso peixe...	
254	32:19	A18: A gente vai ser o ultimo.... pra fechar com chave de ouro...	
255	32:22	A17: Não.... porque se a gente não for o ultimo.... vai dar tempo deles colocarem isso no deles...	
256	32:23	P: Vocês vão ganhar um carimbinho da Monica aí depois...	
257	32:35	A17: P:.... as ideias tão fluindo...	
258	32:36	P: As ideias tão o que?	
259	32:37	A17: Tão fluindo... Nossa P: você não tem uma noção...	
260	32:41	A18: É surpresa...	
261	32:44	A17: Ó.... nois é o ultimo grupo.... tá? Não.... P:.... a gente é o ultimo grupo...	
262	32:50	Alunos (....)	
263	33:02	A17: Mas nós somos os últimos.... P:.... nos recusamos a apresentar enquanto todo mundo não apresentar... Porque se não vai dar tempo deles colar a ideia nossa no deles...	
264	33:06	Alunos Conversa...	
265	33:51	P: Pessoal.... mais cinco minutinhos dá pra terminar aí?	
266	33:54	Alunos Conversa...	
267	34:03	A17: Mano.... esse trabalho é genial.... por isso que adoro o Well... Tá vendo gente...	
268	34:07	A18: Devia ter isso nas outras aulas... Faz a gente raciocinar de mais...	
269	34:20	Alunos Conversa...	
270	37:20	A17: Não tem três pregos.... Igor...	
271	37:22	A19: Tem sim.... ó... Tem um no meio.... esse aqui de cima....	

272	37:27	A18: Ó.... um aqui.... um aqui.... e outro embaixo...	
273	37:30	A17: O de baixo sim.... mas ali em cima não tem um prego.... em cima é muito mole...	
274	37:34	A19: Não.... mas tem um prego junto...	
275	37:36	A17: Ahh.... é isso que segura a liguinha...	
276	37:40	A19: Cabeçuda to desenhando aqui... Vamos continuar.... vai.... vamos!	
277	37:49	Alunos Conversa...	
278	42:48	A20: Quem foi que fez isso aqui.... P:.... você sabe?	
279	42:50	P: Ah.... agora eu não sei.... mas eu já vi assim muitas versões dessa caixa e cada uma funciona de um jeito...	
280	42:57	A17: Será que cada uma é diferente?	
281	43:04	A20: Nóis vai ficar sabendo quando o que tem aqui?	
282	43:08	A18: Quando nois tacar um martelo nessa merda aí...	
283	43:13	A17: P:.... a gente quebra.... monta e desmonta.... desmonta e monta de novo.... P:.... pensa bem!	
284	43:24	P: Depois eu me comprometo de mostrar pra vocês...	
285	43:30	A20: Eu vou lá na USP ter um particular com quem fez isso daqui... Vai apanhar...	
286	43:40	Alunos Conversa...	
287	46:25	P: Pessoal.... vamos começar então as apresentações... Pessoal.... atenção aqui.... ó.... a gente vai seguir a seguinte ordem.... pessoal.... atenção aqui pra seguinte ordem... Pessoal.... eu vou pedir.... Pessoal eu vou pedir pra cada que eu já dei um número virá aqui na frente aí tem duas alternativas.... ou mostra folha com o desenho e aí vai explicando em cima da folha.... né.... ou se você quiser você tem toda a liberdade se quiser desenhar na lousa.... beleza? Pessoal.... só vou pedir assim.... pra que cada grupo preste atenção na explicação do outro pra poder comparar com aquele que você fez e aí a gente vai discutindo.... beleza? Pessoal.... grupo das meninas.... vamos lá.... por favor... (...) vamos lá pessoa.... vamos ouvir a explicação das meninas...	
288	47:50	A6: Concluimos que aqui dentro há um prego ou um parafuso que solta dois arames.... que cada arame ta ligado no prego.... se você perceber um dos lados tem um fundinho que eu acho que seja a cabeça do parafuso e se você perceber.... se você colocar o dedo em cima você vai sentir o negócio girando... A gente concluiu isso...	
289	48:13	P: Mostra o desenho de vocês...	
290	48:15	Alunos Conversa...	
291	48:30	P: Pessoal.... vocês entenderam a explicação do prego deles? (...) pessoal.... vamos ver outro grupo...	
292	48:50	Alunos Conversas...	

293	49:10	P: De maneira geral vocês acham que é um prego ou um parafuso	
294	49:20	A6: Conforme você vai puxando um aí o prego vai girando...	
295	49:25	P: Pessoal.... é uma hipótese do grupo.... ninguém abriu a caixa... Pessoal.... é algo aceitável?	
296	49:36	A17: É aceitável...	
297	49:38	P: É aceitável.... é uma hipótese... Pessoal.... beleza... Pessoal.... grupo dois... Pessoal.... se quiser desenhar na lousa... Pessoal.... vamos ouvir aqui...	
298	50:03	A7: Tá de frente e tá de lado... O primeiro desenho... Tem dois desenhos....	
299	50:26	A8: Aqui.... ó.... e o outro seria visão lateral.... aqui ó... Certo? Nossa hipótese é são dois cliques.... aqui PE a sustentação do eixo	
300	50:40	A7: Pra não deixar solto...	
301	50:43	A8: Onde eles falaram que era um prego nós supomos que era um eixo....	
302	50:49	A7: A gente colocou como se fosse um carretel...	
303	50:51	P: Pessoal.... deixa mostrando assim...	
304	50:54	A8: Um carretel (...) enfim.... um eixo... O que tá prendendo os dois cliques poderia ser um fio de nylon.... uma linha ou algo do tipo.... envolve o eixo.... quando eu puxo o clipe ele roda sentido horário.... traz esse pra fora.... quando eu empurro ele roda sentido anti-horário e traz o outro clipe pra dentro...	
305	51:12	A7: Por que que a gente acha que é linha de nylon.... porque se for	
306	51:17	A8: Linha normal de pipa ou de (...) ela embola	
307	51:18	A7: Ela embola e se for (...) quando você puxar....	
308	51:20	A8: Ela esticaria e voltaria de novo.... aí nossa hipótese é uma linha de nylon.... como é Dani?	
309	51:26	A7: (...) então com certeza é alguma coisa rodando e isso daqui (...) o eixo.... pra não ficar solto e também pra não fazer barulho na caixinha...	
310	51:44	P: Pessoal.... e aí o que vocês acham da ideia deles?	
311	51:46	A18: É aceitável...	
312	51:49	Alunos Conversas...	
313	52:00	P: O que ela falou aqui é bacana.... como a gente não sane o que a gente tem que fazer aqui é ter um olhar criterioso e olhar se aquilo que eles tão falando faz sentido.... faz sentido o que eles disseram para nós?	
314	52:14	Alunos Faz...	
315	52:15	P: Faz sentido faz.... então beleza...	

316	52:17	A19: Ainda voto por quebrar essa caixa e ver o que tem dentro...	
265	52:22	Alunos Conversa...	

ANEXO II				
21		231112_Well_3B_MZreal_camov_1 Tabela com transcrições, ações/gestos, indicadores de EDP: atividade de experimento de Mach_Zehnder aproximadamente 50 minutos de gravações – 3ª série B – Ensino Médio		
Turno		Descrição	Ações/ gestos	Indicadores de EDP
1	00:00	P: Pessoal... é o seguinte... a última aula que a gente teve...a gente ficou fazendo aquela discussão final do efeito fotoelétrico...beleza? E aí o que a gente percebeu naquela discussão era que você tinha dois modelos que a gente acabou usando na tentativa de explicar o efeito fotoelétrico... Pessoal... qual era os modelos que a gente usou? Lembra aí...	O Professor se posiciona na frente da turma de costas para o quadro negro enquanto vai falando	
2	00:22	Alunos: Ondulatório... e corpuscular		
3	00:24	P: Ondulatório e corpuscular... Pessoal... qual destes dois a gente usou pra explicar o efeito fotoelétrico?	Levantando as duas mãos em sinal de positivo (Dedos fechados e polegar estendido)	
4	00:28	Aluno não identificado: Corpuscular		
5	00:29	P: Corpuscular... porque com o ondulatório a gente percebeu que ele tem muitos aspectos positivos... mas não dá pra você justificar o que acontece no efeito fotoelétrico com o modelo ondulatório... O corpuscular que está associado à ideia dos fótons né... a luz é formada por pequenas partículas de luz que a gente batizou de fótons... cada fóton... quando bate no elétron dá toda a sua energia pro elétron e aí o elétron sai...essa é a justificativa que a gente usou...Ah... mais a pergunta que ficou no finalzinho da aula passada que vocês entregaram foi a seguinte...a pergunta é...pessoal a gente vem discutindo a natureza da luz e a gente vem batendo muito na tecla assim... no começo a gente ficou usando a luz como onda... porque a ideia de onda ajuda-nos a explicar um monte de coisas... só que depois no efeito fotoelétrico a gente teve que abrir mão do... da ideia corpuscular da luz... porque a luz porque a luz é partícula...(o professor quis dizer da ideia da luz como onda) e aí a pergunta que está em questão...pessoal... é...a luz é onda ou é partícula?	Enquanto está falando vai associando cada modelo mencionado com uma das mãos. O modelo corpuscular com a mão direita e o ondulatório com a mão esquerda.	
6	01:30	Aluno não identificado: ((inaudível)) partícula		
7	01:31	P: Pessoal é o tipo de pergunta... que é extremamente importante pelo seguinte...esta pergunta que eu fiz pra vocês... se a luz é onda ou partícula... você imagina... se nós temos dificuldade de argumentar qual é a melhor... você imagina também pros cientistas... Esta foi uma pergunta que perseguiu eles durante muito tempo... Os físicos do século passado até hoje tão tentando estudar melhor qual é a natureza da luz... e	É possível verificar, pelos gestos e olhares, que enquanto o professor vai falando a turma esta atenta às suas	

	<p>aí uma coisa que eles tentaram olhar pra tentar responder se a luz é onda ou partícula foi por este experimento aqui... Pessoal... o que que é este experimento? Que é o que a gente vai reproduzir hoje... a ideia hoje é a seguinte... a nossa turma hoje... cada grupo vai passar pelas bancadas que estão aqui... então por exemplo... aqui tem um simulador desse interferômetro ((apontando para o laptop sobre a carteira na frente da turma, em seguida aponta para quadro negro onde esta desenhado um esquema do interferômetro)) pra experiência... Pessoal ali tem outro interferômetro ((apontando para outro conjunto de carteira sobre as quais há vários artefatos)) real... ó aqui tem o simulador que é virtual... ali você tem uma versão real dele... ali tem um outra versão real dele ((apontando para outro conjunto de carteiras onde há um interferômetro já montado))... e ali tem mais um... então a ideia é a seguinte... todo mundo da sala... cada grupo passe por todos eles... e aí eu vou dar um tempo... então vai ficar assim... um grupo aqui... outro grupo ali... outro grupo aqui e outro ali... aí eu vou contar um pouco de tempo ((mostrando o relógio))... vocês vão mexer um pouco em cada um deles... depois roda... quem tava lá vem pra cá... quem tava aqui vai pra ali... quem tava ali vai pra lá... a ideia é que todo mundo passe por todos pra todo mundo enxergar o que que tá acontecendo... Pessoal... eu não vou dizer pra vocês como é que funciona ele... mas eu vou dar uma ideia de como ele foi montado... como foi a montagem dele... a montagem dele... pessoal... é a seguinte... esse conjunto aqui ó ((dirigindo-se a uma das carteiras))... basicamente este é muito parecido com aquele tá ((apontando para o interferômetro já montado))... a única diferença é que este aqui é uma versão um pouquinho mais simplificada... então a ideia é assim... o nome daquele conjunto... chama-se interferômetro de Mach-Zehnder... pessoal... o nome pode ser complicado... mas a ideia é a seguinte... o que é que tá por trás desse interferômetro? <u>O que tá por trás dele é você tentar fazer uma experiência ou um conjunto de experiências tentando discutir se de fato a luz é onda ou é partículas...</u> Esta é uma maneira que eles criaram de explicar se a luz é onda ou partícula... e chegarem na resposta final foi através desse arranjo experimental ((mostrando o desenho do arranjo no quadro negro))... Pessoal... como é este arranjo? Então presta bem atenção porque isto daqui ((apontando para o esquema do interferômetro)) vocês vão ter que montar ((apontando para a carteira com os artefatos))... basicamente ali... tirando aquele ali que é mais caseiro... os outros tá tudo montado... vocês vão ter que montar ele... alinhar tudo direitinho pra tentar gerar as imagens que eu tenho... Como é que funciona o interferômetro? Pessoal... basicamente ele funciona da seguinte maneira... quer dizer a montagem dele... eu tenho uma fonte laser ((apontando para o esquema no quadro))... então em cada conjunto ali... eu vou ter uma fonte parecida com esta ó... Esta aqui é uma fonte laser... então quando</p>	<p>explicações.</p>	
--	---	---------------------	--

	<p>eu ligo a minha fonte ó... eu tenho uma luz sendo produzida... laser... então esta daqui é uma fonte de luz... uma fonte laser... aí o que nos faremos... pessoal? No caso aqui do interferômetro a gente tem a fonte de luz laser e nós vamos trabalhar com dois espelhos... então esse E1 ((mostrando o esquema no quadro)) são espelhos... pessoal...o espelho... o que que ele faz? Reflete a...luz... então estes elementos a única que coisa que eles fazem é refletir toda a luz que chega neles... nessa di/ ... você vê que isso aqui tá nessa diagonal... nessa outra diagonal aqui eu tenho dois semiespelhos ó...semiespelho um... semiespelho dois...Professor... o que que é um semiespelho... pessoal... é como se fosse um pedacinho de vidro... e o que que o vidro tem de importante...pessoal... ele deixa um pedaço da luz passar... mas ele também reflete um pedaço da luz...uma parte da luz... é como se fosse o vidro à noite ó...se chega aqui à noite e olha pro vidro ((se dirigindo até à janela)) você consegue ver através dele porque a luz tá atravessando ele... mas se você olhar também através do vidro você vê o seu reflexo... isso é o que a gente chamada de semiespelho... então semiespelho é como se fosse um pedaço de vidro que deixa uma parte da luz passar... mas ele também reflete...Então a ideia é assim... quando eu ligo esse laser... uma parte da luz passa através do semiespelho... mas uma parte também o que? Reflete... quando a luz bate aqui... isso aqui é o que? Espelho... então a luz é refletida pra lá... a luz que passou quando bate no espelho vai pra onde? Vai pra lá... então aqui basicamente vai ter assim... você tem luz indo pra cá... então vou ter um caminho assim ó ((rabiscando com giz no quadro negro)) vai ter uma parte de luz vindo pra cá... batendo no espelho e vindo pra cá.. aqui vai ter uma parte de luz que vai refletir no semiespelho vai bater neste espelho e vai vir pra cá... então você vai ter o seguinte...nesse espelho semi dois tem luz chegando de duas direções... tem uma luz que chega por aqui e outra que chega por aqui... e aí uma parte da luz vai atravessar e vai vir pra cá... a outra parte da luz via atravessa e vai vir pra cá ((tudo isso esta sendo ilustrado através da figura no quadro negro))... Então o que que é este A1 e este A2 pessoal...são os anteparos é aonde vai aparecer as imagens... que são produzidas aqui... e aqui vai ter uma outra imagem produzida... no simulador... se você olhar lá... o simulador é uma coisa entre aspas perfeitos né... perfeito assim no seguinte sentido... já tá tudo montado já tudo alinhado... então <u>se você ligar o laser aqui no anteparo um e no anteparo dois se você olhar no simulador já aparece direto a imagem... que você obtém... que for usar o experimento real... você que vai tentar produzir a imagem... Como é que é a imagem que aparece pessoal... se eu ligar isto daqui... deixar tudo alinhado direitinho ó...percebe a condição de alinhamento... aqui eu tenho semiespelhos um e semiespelho dois... percebe a condição de alinhamento aqui ó... espelho um e espelho dois... e aqui eu vou produzir as imagens...</u></p>		
--	--	--	--

A medida que o professor vai falando vai desenhando no quadro negro,

		<p>Pessoal... como é que é a imagem que aparece no anteparo um... aqui vai aparecer uma imagem... se você olhar a imagem que aparece no anteparo um vai aparecer mais ou menos alguma coisa assim ó... Aqui fica uma bolinha colorida... aí aqui tem uma outra bolinha colorida... aqui tem uma outra bolinha colorida... e se eu olhar aqui no anteparo dois vai aparecer exatamente o oposto do que tem ali...ó aonde aqui tem luz... aqui vai ficar só uma parte branca ó... aí aqui onde tem luz... aqui vai ficar só uma parte branca... você vai perceber que uma figura complementa a outra... enquanto aqui tem luz... aqui não tem luz... aqui onde tem luz... aqui não tem luz... então aqui ó o que eu percebo é que eu tenho regiões com luz... e aqui eu tenho regiões ó... esse pedacinho aqui ó sem luz...Pessoal... a pergunta é a seguinte...Como é que eu explico isso... é isso que a gente vai tentar olhar um pouquinho... por que que hora tem luz e por que que hora não tem luz? Como eu olho essa figura? Como eu explico essa figura ((referindo-se à figura de interferência no quadro negro))...E além de tentar explicar essa figura... a gente vai tentar olhar isso daqui se o que que tá acontecendo com a luz aqui é algo do tipo de onda ou é algo do tipo de partícula... que é o que a gente tem discutido o tempo inteiro... será que a luz... pra ela produzir este tipo de imagem... ela está se comportando como onda ou ela está se comportando como partícula...esta é a questão... beleza? Pessoal... a última coisa que eu acho que ajuda um pouquinho a... nos dados... vamos pegar a luz como onda...sabe... como onda ((gesticulando com a mão direita a forma de uma onda))... se lembra que a gente discutiu nas aulas anteriores a história da interferência construtiva e destrutiva? Lembra disso... Pessoal se aqui as ondas tão se somando ((mostrando os desenhos de dois trechos de ondas dispostas uma sobre a outra))... vamos pensar... se as ondas se somam e aqui eu tenho uma onda maior... aqui significa que vai ter luz ou não vai ter luz?</p>	<p>primeiramente uma bolinha cheia, em seguida círculos concêntricos separados por regiões circulares escuras (como se fosse o desenho de um alvo daqueles utilizados em competições de arco e flecha)</p>	
8	09:43	Alunos: ((inaudível))		
9	09:44	<p>P: Vamos pensar pessoal... se as ondas tão se somando... mas a onda aumentou de tamanho... se você pensasse em termos de aparecer luz e não aparecer luz... aqui tem luz ou não tem luz?((mostrando um ponto de pico no diagrama que representa um trecho de onda))</p>	<p>Mostrando o aumento com as mãos</p>	
10	09:55	Alunos: Tem luz...		
11	09:56	<p>P: Tem luz... Pessoal... aqui as ondas tão se cancelando... não vai ter onda nenhuma aparecendo... elas vão se cancelar... então aqui vai ter presença de luz ou não vai ter luz? Sem luz? Então se eu pegar a ideia da onda... a da luz como onda... eu posso pensar assim... onde tiver chegando luz...é por que tá tendo interferência de que tipo?</p>		
12	10:22	Alunos: Construtiva		
13	10:23	<p>P: Construtiva... pensando a luz como onda... onde não tiver luz que é esse pedacinho aqui... é por que tá tendo interferência de que tipo?</p>		
14	10:28	Alunos não identificado: Destrutiva		

15	10:29	<p>P: Destrutiva... agora será que vale... será que se eu usar... por exemplo... fótons acontece a mesma coisa? Será que eu consigo produzir esse mesmo efeito usando fótons... Pessoal... o simulador... o legal do simulador é isso... porque no simulador dá pra você trabalhar com ondas e trabalhar com fótons... e aí a gente vê o que acontece...quando é onda... vai aparecer alguma coisa deste tipo...mas será que quando eu passar pra fótons lá que são as partículas de luz... será que vai dar essa mesma coisa? Então é isso que a gente vai tentar olhar... beleza? Então ó a gente vai diminuir os grupos assim ó... um grupo vai ficar aqui... o outro vai ficar ali... o outro vai ficar ali... e o outro grupo vai pro simulador... aí eu vou passando ((inaudível)) ajudando cada um... Pessoal... que tem pegar um conjunto pra montar ele... olha ali na lousa... o que tá ali na lousa talvez ajude vocês a montarem...beleza? Ó não esquece que os semiespelhos têm que ficar numa diagonal...e os espelhos têm que ficar na outra...E isto daqui são os anteparos...Pessoal... o que você pode usar como anteparo? Você pode usar até sua blusa...ou uma folha de papel... se você colocar a folha de papel aqui ó... vai aparecer aquela imagem ((mostra a figura no quadro negro))... uma folha em branco mesmo...tá? Ou até a tua blusa branca...Ok?</p>	<p>Mostra a figura de interferência no quadro negro.</p> <p>Apontando para a figura</p> <p>Mostrando as diagonais na figura do quadro negro.</p> <p>Mostrando a própria blusa.</p> <p>Pega uma folha de papel e coloca na posição do anteparo desenhado no quadro negro.</p>	
16	11:50	Alunos: Conversam		
		<p>A partir deste turno a turma foi dividida em grupos e começa a trabalhar com os interferômetros real e virtual. No caso do interferômetro real a tarefa do grupo é montá-lo com a finalidade de observar a figura de interferência. No caso do interferômetro virtual, o grupo deverá manipulá-lo também a fim de construir a figura de interferência. Neste dia não tivemos acesso ao laboratório de informática e nem ao laboratório de ciências da escola. Tivemos que realizar as atividades na própria sala de aula, desta forma dispomos as carteiras de maneira a formar quatro bancadas sendo duas com os interferômetros reais a serem montados, uma com um interferômetro real já montado e a última com o laptop no qual temos o software do interferômetro virtual. Utilizamos uma câmera móvel para a coleta dos dados. A determinados intervalos de tempo a câmera era deslocada para um dos grupos.</p>		
17	11:51	<p>P: Pessoal... vamos ai então tentar fazer... Quem é o grupo que vai aqui primeiro ó...Pessoal... vamos dividir...nós estamos... um... dois... tres... quatro... cinco... seis... sete... oito... nove... dez... onze... Vinte e quatro mais ou menos... são quatro conjuntos...dá fazer seis em cada... beleza? Ó ali a gente já tem cinco... fica mais um ali seis... já fica um grupo... vocês... vem vocês quatro... fica neste... vocês quatro neste...</p>	<p>Dirigindo-se ao laptop.</p> <p>Contando e apontando com o dedo indicador da mão esquerda.</p>	

18	12:29	Alunos: Conversam	A turma começa a se organizar em grupos e mudando a configuração da sala de aula	
19	12:55	A6: É meu espelho ((o grupo 3 MZ tinha como atividade montar o interferômetro. Não nos deteremos neste grupo por enquanto porque neste momento o burburinho da turma era muito intenso))	Reportando a A11 que desembrulhava os espelhos de pacotinho	
		A partir do próximo turno passamos a observar o grupo 1 MZ, formado pelos alunos A14, A30, A31, A10, A21 e A32) trabalhando na montagem do interferômetro real		
20	14:00	Alunos do grupo: Conversam ao mesmo tempo...		
21	14:20	A21: Não...é espelho...espelho... ((os alunos do grupo estão empenhados em resolver o problema, todos, ao mesmo tempo procurando contribuir para a sua solução))	Manipulando os espelhos para mostrar aos colegas como era a montagem.	
22	15:06	A10: É assim ó... são dois semiespelhos... eu acho...	Manipula os semiespelhos tentando alinhá-los.	
23	15:07	A14: Tá errado...		
24	15:09	Alunos do grupo: ((inaudível; alunos falando ao mesmo tempo))		
25	15:12	A14: É um de ((inaudível)) e um em baixo		
26:	15:24	A30: Então ((inaudível))		
27	15:48	A31: É aqui_____		
28	15:49	A30: _____O que eu tou fazendo		
29	15:59	A31: Olá tá concentrado...dá pra ver...	Manipulando o semiespelho e olhando para o anteparo.	
30	16:00	Alunos do grupo: Conversam ((inaudível))		
31	16:15	A31: Eu tô achando que tá ((inaudível))		
32	16:21	A21: Tá a mesma coisa		
33	16:22	Alunos do grupo: Conversam		
34	16:23	Aluno não identificado: Não que esse tá virado ao contrário...		
35	16:32	A10: Reflete aqui	Indicando com a mão a trajetória da luz	
36	16:40	A30: Tá indo pra outro canto...mas não pra este...		
37	16:42	A21: É nada... eu acho que ((inaudível)) pro outro lado...	Com a mão direita faz um gesto que representa a trajetória da luz.	
38	16:48	A30: Então ((inaudível))		
39	16:49	A10: Não dá certo...		
40	16:54	A32: ((inaudível))	Faz movimentos com as mãos indicando algo que esta se concentrando, se ajuntando.	

41	16:58	A31: Não dá pra aumentar mais?		
42	17:00	A10: ((inaudível))		
43	17:01	A31: Será que aumentando não vai?		
44	17:02	A30: É porque ele não tá alinhado		
43	17:03	A32: Coloca o caderno em baixo		
44	17:04	A30: Não aumenta mais aqui?	Mexendo no parafuso que regula a posição do semiespelho.	
45	17:05	A10: (inaudível)		
46	17:19	A32: Tá pegando aqui em cima...	Apontando para um dos espelhos.	
47	17:25	A10: Tá pegando mesmo		
48	17:26	A21: Não aí tira o caderno né...		
49	17:33	A14: É o primeiro efeito...	Após avistar uma mancha luminosa de formato circular no papel, que estava sendo segurado por A10, que servia de anteparo. Ao terminar de emitir a frase volta-se para o quadro negro observando a figura de interferência que o professor havia escrito lá.	
50	17:35	A21: É (concordando com A14)		
51	17:37	Alunos do grupo: Conversam		
52	17:59	A32: Ó onde que tá ó ((mostrando que o laser estava desalinhado; os alunos do grupo sorriem porque o ponto de luz laser estava sendo projetado na barriga de A31))	Aponta para o semiespelho	
53	18:06	Alunos do grupo: Conversam		
54	18:25	A30: Tem que subir mais...TEM QUE SUBIR MAIS		
55	18:27	Alunos do grupo: Conversam...		
56	18:33	A30: Não tá adiantando...		
57	18:34	Alunos do grupo: Conversam		
		A partir deste turno observaremos o grupo 2 MZ formado pelos alunos A4, A33, A28, A13, A23, A34 e A22 trabalhando com o interferômetro virtual.		
58	19:00	A22: ((inaudível; A13 está manipulando o interferômetro virtual))		
59	19:21	A35: ((inaudível))		
60	19:28	A4: Eu queria ver os negocinhos saindo daqui... (provavelmente está se referindo ao elétrons) pra cá... pra cá... pra cá	Aponta para a tela do laptop	
61	19:30	Aluno não identificado: ((inaudível))		
62	19:33	A4: Deixa de ser besta...		
63	19:37	Aluno não identificado: ((inaudível))		
64	19:38	A4: Agora deu...		
65	19:43	A13: ((inaudível))		
		A partir do próximo turno: Grupo 3 MZ , formado pelos		

		alunos A3, A18, A27, A2, A1, A6, A11 trabalhando com o interferômetro real.		
66	20:13	A: Ô lá o laser vai aqui...	Apontando a ponteira laser para a parede e acionado o botão para ligar o disparo.	
67	20:14	Alunos do grupo: Conversam		
68	20:23	A3: Tem que ((inaudível)) repetir pro laser....	Colocando o espelho sobre a base do interferômetro.	
69:	20:25	A6: Ô tem um ((inaudível)) aqui...	Mostrando os elementos dispostos sobre a base do interferômetro.	
70	20:28	A11: ((inaudível))... tipo laser... calma aí...	Apontando para a base do interferômetro	
71	20:29	Alunas do grupo: Conversam ((inaudível; falam ao mesmo tempo))	Pode-se notar, pelas imagens, o grande envolvimento do grupo, todos tentando, ao mesmo tempo, dar suas contribuições para a resolução do problema	
72	20:47	A3: Quebrou a pontinha desse aqui...((ouve-se o barulho de vidro caindo))	Mostrando um dos espelho	
73	20:49	A11: Não... mas não é do meu que caiu...		
74	20:53	A27: O professor mexeu aí...	Apontando para um dos semiespelhos, enquanto cada uma das colegas mexe em um dos elementos que compõem o interferômetro.	
75	20:56	A18: Tem que virar a bolinha....	Mostrando o parafuso regulador do semiespelho.	
76	20:58	Aluna não identificada: AH:: (como se tivesse entendido o mecanismo de regular o semiespelho)	As colegas continuam a mexer nos componentes do interferômetro.	
77	21:04	A1: Gente ó... gente é capaz de ((inaudível)) esse negócio aqui...é capaz de encaixar aqui	Tentando descobrir a utilidade de um dos artefatos.	
78:	21:08	Alunas: Conversam		
79	21:13	A1: Gente... o professor tá engando a gente...esse	Tentando	

		negócio aqui é pra por aqui	encaixar um dos semiespelhos que fica num dos vértices da base do aparelho.	
80	21:17	A3: Ó gente... é de encaixe...Eu não tô conseguindo encaixar	Tentando encaixar o conjunto semiespelho na base do interferômetro.	
81	21:25	A1: O professor tá engando a gente...	Tentando encaixar o semiespelho na base do interferômetro	
82	21:29	A3: Esse aqui também ó... ((inaudível)) de encaixe...	As alunas tentam, todas ao mesmo tempo, encaixarem os espelhos e os semiespelhos na base do interferômetro sem sucesso.	
83	21:31	A1: Todos encaixam	Continuam tentando realizar a montagem	
		A partir do próximo turno grupo 4 MZ, alunos A35, A36, A37, A38, A15, A39 no interferômetro real.		
84	21:56	P: Se a gente puxar aqui um poquinho ó ...vamos mudar a regulação do espelho ó... tá vendo aqui... aqui já tem uma luz chegando aqui ó... vinda deste espelho ((os alunos do grupo estão bastante envolvidos com a explicação do professor como parece demonstrar as suas posturas))...Ó você tem que fazer os dois coincidirem _____	Regulando o espelho e apontando para o semiespelho no centro do interferômetro.	
85	22:11	Aluno não identificado: _____((inaudível))		
86	22:12	P: Isso... você tem que fazer os dois coincidirem ó		
87	22:18	A38: Não para...		
88	22:19	P: Eu vou baixando ele aqui ó... vou colocar um em cima do outro... a mesma coisa aqui ó... tá vendo		
89	22:23	A38: ((inaudível))	Apontando para o semiespelho.	
90	22:25	P: A mesma coisa aqui ó... já pega um negócio e coloca bem aqui ó... que a luz vai passar bem aqui... pega uma folhinha de papel...	Mostrando o possível trajeto do laser.	
91	22:33	A36: Aqui passou.. ali passou um... viu?	Ao mesmo tempo que vai regulando a posição de um dos espelhos	
92	22:35	P: Continua tentando...isso ((A39 coloca uma folha de papel como anteparo))		
93	22:42	Alunos: Conversa...		
94	22:44	P: Tem que fazer ó... os dois pontinhos coincidirem... quando coincidirem você vai ver que aqui vai aparecer	Voltando-se e apontando para	

		uma imagem parecida com aquela...igual aquela lá... tem luz... não tem luz	a figura de interferência no quadro negro	
95	23:05	A38: ((inaudível))		
96	23:08	A36: Deixa eu ver ((inaudível))...olha aí tá aparecendo um ((inaudível))	Aponta para o anteparo enquanto A15 regula um dos espelhos.	
97	23:10	Alunos: Conversa		
		A partir do próximo turno voltamos para o grupo 3 MZ no interferômetro real		
98	23:34	A11: Você não tá tirando não? ((dirigindo-se a A18 que desmontava um suporte de espelho))		
99	23:35	A18: Tô...não pode você vai me bater? ((alunos riem))		
100	23:38	A6: Você fica montando e desmontando toda hora ((dirigindo-se para A18))		
101	23:40	A1: ((inaudível))		
102	23:41	A18: Mais		
103	23:45	A11: A gente não sabe ((inaudível))		
104	23:47	A6: A gente é a maior burra...		
105	23:52	A3: Não é o nosso é mais difícil... é pra gente ficar pensando	Quase todas as alunas do grupo mexem em alguns dos artefatos que compõem o interferômetro.	
106	23:56	Alunos: Conversam		
107	24:02	A3: Tem um espelho... um a mais...		
108	24:04	Aluno não identificado: ((inaudível))		
109	24:05	A3: Tem anteparo...também tem a mais...		
110	24:11	A3: Anteparo é a nossa roupa		
		Voltamos ao grupo 4 MZ real		
111	24:12	Alunos do grupo: Não há falas ((os alunos estão empenhados em alinhar o interferômetro; isto dura mais ou menos uns 20 segundos))		
		Passamos novamente para o grupo 1 MZ real		
112	24:37	P: Olha a figura lá (referindo-se à figura no quadro negro)... olha figura como tá	O professor procura auxiliar o grupo no sentido de que eles entendam qual o procedimento que devem seguir para solucionar o problema. Entendemos que esta intervenção do professor também serve de estímulo para que o grupo não se desanime quanto à consecução da tarefa proposta.	
113	24:48	A14: ((inaudível))		
114	24:49	P: Vocês vão ter que fazer esses dois...desculpe ((o professor e A14 iam apontar para o mesmo	Apontando para os dois pontos	

		semiespelho e neste momento suas mãos esbarram)) esses dois ((inaudível))... e aí ó... vocês ((inaudível)) semiespelho... mexer na posição deste espelho... colocando mais pra lá...	luminosos sobre o anteparo de papel.	
115	25:04	A10: ((inaudível))		
116	25:06	Aluno não identificado: ((inaudível))		
117	25:07	P: _____ Ó tenta alinhar esse aqui primeiro ó...	Apontando com a mão direita a diagonal que contem os dois espelhos.	
118	25:09	A30: ((inaudível))		
119	25:11	P: Então... aqui dá pra ajustar ó... a mesma coisa este daqui...	Mexendo no primeiro semiespelho	
120	25:13	Alunos: Conversam		
121	25:28	P: Pessoal tenta só pegar aqui pra colocar o espelho bem encaixado só aqui em baixo... mas a ideia é assim vocês já veem que o caminho é quase certeza... O cuidado que vocês têm que ter aqui é com a condição de alinhamento dos semiespelhos e dos espelhos	Manipula o suporte do espelho.	
122	25:44	A10: ((inaudível))		
123	25:46	P: Como vocês estão mexendo nesse semiespelho aqui dois vocês podem pegar a imagem daqui o anteparo vai ficar aqui... ou ó aqui... tá vendo tem ((inaudível)) chegando aqui... mas não tá gerando efeito nenhum... não tá gerando aquela figura lá aqui ó...		
124	26:02	A30: ((inaudível)) tá certo		
125	26:05	Aluno não identificado: Quer tirar foto pro face? Tira aí...		
		Voltamos para o grupo 2 MZ interferômetro virtual		
126	26:49	Aluno não identificado: Sai daí sua ((inaudível))... tá mexendo...((dirigindo-se a A4 que manipula o laptop com o experimento virtual))		
127	27:02	Aluno não identificado: Tem que mexer mesmo... a ideia é mexer...		
128	27:05	A13: Mas ela mexe em tudo		
129	27:06	A19: Não... tá certo... tem que mexer...		
130	27:08	A4: Tem que fuçar		
131	27:10	A34: ((inaudível))		
132	27:11	A4: Não... não ((inaudível))		
133	27:14	Alunos: Conversam		
		Voltamos para o grupo 3 MZ no interferômetro real		
134	27:43	Aluna não identificada: Ah... tá piorando não tá?		
135	27:45	A6: Tô arrumando...	Tentando, com a ponta de uma tesoura, regular o parafuso do espelho.	
136	27:47	Aluna não identificada: Se estragar você tá lascada		
137	24:49	A2: É que tá frouxo o parafuso		
138	27:52	A1: E isso aqui		
139	27:53	A3: Mas não tem que ficar a mesma distância?		
140	27:56	Aluna não identificada: Tá bom... agora chega		
141	27:58	Alunas: Conversam	Nota-se que o grupo mostra grande	

			envolvimento com a atividade.	
142	28:07	A6: ((inaudível)) aquele ali não?...E se fizer assim... se baixar ele assim...	Manipulando um semiespelho.	
143	28:17	A27: Não cabe...		
144	28:20	A1: E se ele fosse aqui?		
145	28:20	A6: [Tá errado?] (perguntando para o pesquisador que opera a câmera)		
146	28:22	Alunos: conversam		
147	28:25	A6:Tudo? A metade? Ou um terço? ((dirigindo-se ao pesquisador))		
148	28:29	A1: Isso aqui ((inaudível; dirigindo-se ao pesquisador))... Aqui é	Manipulando o semiespelho.	
149	28:34	A6: Ele tava certo		
150	28:36	A11: Não... acho que estava do jeito que eu fiz....	Mexendo no outro espelho.	
151	28:40	A6: Mano... não faz sentido esse aqui encaixar aqui	Pegando um semiespelho e comparando com um possível suporte.	
152	28:41	A27: Não encaixa aqui...		
153	28:40	A6: É então...		
154	28:44	A3: Mas tem alguma coisa de encaixar...		
155	28:48	A1: De nenhum jeito		
156	28:49	A11:Isso aqui não é um espelho não?		
157	28:53	A2: AH... JÁ SEI... JÁ SEI... pera aí...	Manipulando as duas peças.	
158	28:54	A1: Não... é assim... é assim		
159	28:58	A6: Tá rachando o trem...		
160	29:03	A2: Não é assim		
161	29:04	Alunas do grupo: É sim... é sim...		
162	29:08	A6: AH...QUE LEGAL....		
163	29:11	A11: Ai que difícil...		
164	29:15	A1: Agora coube	Segurando a peça.	
165	29:17	Alunas: Conversam		
166	29:22	A18: Ó eu tou ajustando os espelhos...	Torcendo o parafuso de ajuste do espelho enquanto A1 e A6 tentam ajustar o outro.	
167	29:21	A11: Não tá encaixando...	Observando a posição do espelho.	
168	29:22	Alunas: Conversam		
169	29:42	Aluna não identificada: É muito estranho		
170	29:45	A1: É um negócio profissional... o professor vai dar logo um negócio de profissional pra amador		
171	29:49	A3: Pra amador ((inaudível))		
172	29:52	Aluna não identificada: Aí vai sair a luz aqui... é isso?		
173	30:00	A3: É aqui gente...ó é de lado...		
174	30:01	A6: Por que ((inaudível)) este daqui?		
175	30:02	A1: Cadê o laser?...Deixe eu ver...		
176	30:04	A3: É de lado...		
177	30:06	A11: Gente ó... cuidado com os nossos olhos ((no		

		momento em que A1 ligava a caneta laser e direcionava o raio para o espelho))		
178	30:07	Alunas: Conversam		
179	30:12	A11: Gente... não tá refletindo nenhum		
180	30:15	A1: Tá refletindo nenhum...	Segurando o espelho.	
181	30:17	A6:Tá refletindo aqui...		
182	30:18	A3: Tem que da inclinação...porque que direcionar é ((inaudível))		
183	30:27	A6: Tá refletindo aqui e vem pra cá...		
184	30:28	A18: Tá batendo aqui...	Posicionado o espelho.	
185	30:29	A3: Pera gente... não se mexe... eu tô vendo em vocês		
186	30:32	A11: Aqui (talvez o laser estivesse incidindo na palma da sua mão)	Levantando a mão direita.	
187	30:35	A3: Tá batendo aqui agora....		
188	30:36	A1: Tá batendo aqui na sua camiseta...	Mostrando o ponto laser refletido na camisa de A3.	
189	30:40	A6: Ô tá batendo aqui na minha mão...		
190	30:41	A3: Tem que mexer aqui ó... mexe aqui no negocinho	Apontando para o semiespelho.	
191	30:45	A6: E isso aqui então... onde entra na história?		
192	30:47	Alunas: Conversam		
193	30:49	A6: Faltou um...		
194	30:50	A27: Faltou um negócio		
195	30:51	Alunas: Conversam		
196	30:55	A6: Tem mais ó...	Mostrando outro pequeno dispositivo	
197	30\;57	A27: Tem um espelho/		
198	30\;58	A6: Mas é só quatro que a gente precisa...		
199	31:02	A3: É reto....		
200	31:03	A1: O PROFESSOR... faz favor...		
201	31:07	A3: É aqui ó...		
202	31:08	A1: A gente não sabe nem regular o negócio		
203	31:08	A3: Aqui é pra abrir e fechar...		
204	31:10	A1: Mas o debaixo também regula... entendeu?		
205	31:14	A6: Olha aí ó tá refletindo	Apontando para o espelho.	
206	31:17	A3: Aqui e aqui...		
207	31:19	A6: Mas ele bateu aqui e veio pra cá		
208	31:20	Alunas do grupo: Conversam...		
209	31:36	Aluna não identificada: Mas o deles tá diferente (possivelmente se referindo ao interferômetro real, que já veio montado, utilizado pelo outro grupo)		
210	31:42	Alunas do grupo: Conversam	Uma intensa discussão é travada no interior do grupo durando vários segundos.	
211	31:54	A6: Faz um gato... coloca batendo neste ((inaudível))	Apontando o espelho.	
212	32:05	A11: ((inaudível))		
213	32:06	A6: Calma A11		

214	32:07	Alunas do grupo: Conversam		
215	32:30	A11: Todo mundo já trocou...(referindo-se aos outros grupos que trocavam de experimentos)		
216	32:31	A6: A gente vai ficar aqui (Talvez como uma crítica a atuação do grupo)		
217	32:37	A1: A gente começou com o mais difícil...		
218	32:38	Alunos: Conversam...		
219	33:04	A6: ((inaudível)) professor... PROFESSOR ACHAMOS...(A11 bate palmas em sinal de contentamento)		
220	33:14	A18: Ah gente... eu não tou vendo nada...		
221	33:07	A3: Relaxa assim ó...		
222	33:15	P: Cadê o meu anteparo móvel...aí?		
223	33:18	A3: Ali ó...é ela ((a figura produzida pelo interferômetro estava sendo refletido na camiseta de A6))		
224	33:19	P: Coloca ali... deixa eu ver...que bonito ((A6 mantém uma folha como anteparo colocando-a na frente de A18))		
225	33:22	A6: O quê? A folha?		
226	33:25	Aluna não identificada: Que bonito o quê?		
227	33:26	P: Ó não sei se dá pra perceber tão bem		
228	33:28	Aluna não identificada: Para de tremer...		
229	33:29	P: É não pode tremer... Você está vendo que tem uma parte central que tem luz?	Apontando para a figura projetada sobre a folha de papel onde se podia perceber um ponto central fortemente iluminado circundado por uma coroa circular cuja iluminação ia esmaecendo do centro para a borda.	
230	33:32	Alunas: Ahã...		
231	33:33	P: Depois tem uma faixa bem pequeninha_____	O professor vai fazendo comentários positivos em relação ao trabalho dos alunos.	
232	33:34	Aluno não identificado: ((inaudível))		
233	33:35	P: Tem que tomar cuidado pra num_____		
234	33:37	Aluna não identificada: _____ Tá movendo (Como é difícil manter o alinhamento segurando o semiespelho com as mãos, provavelmente a figura projetada estava se movendo)		
235	33:38	P: Tem que deixar fixo aí...		
236	33:39	Aluna não identificada: Eu tô tremendo gente... alguém...tô emocionada...((risos))		
237	33:44	P: Deixe um pouco mais longe pra gente ver a luz...(pedindo pra A1 afastar um pouco mais a ponteira laser)... Ó o que eu tenho que fazer aparecer aqui é alguma coisa assim... tem que	Mostrando com o indicador da mão direita a figura sobre o	

		perceber que ora tem um pedaço de luz	anteparo.	
238	33:53	A6: A outra tá seguindo a luz...((risos))		
239	33:59	P: Qual foi a (gestão) de alinhamento que vocês fizeram aí?	Este tipo de pergunta é importante numa SEI, pois contribui para que os alunos reflitam sobre os procedimentos que fizeram. Ajuda na passagem da ação manipulativa para a ação intelectual	
240	33:08	A3: A gente não fez nenhuma... a gente irracional... ((risos; todas falam ao mesmo tempo))		
241	33:10	P: Não... mas vamos pensar na imagem que está na lousa ó... vocês tão no caminho certo...ó o laser tá aqui não é	idem turno 240	
242	34:14	Alunas: Ahã		
243	34:15	P: O laser tem que passar primeiro pelo espelho 1... essa diagonal tem que ter o semiespelho 2...tem os espelhos... a única coisa aqui que você tem que perceber que este espelho ó... não está exatamente alinhado com este... tem que estar assim ó... na mesma linha...	Mostrando com o movimento da mão direita a localização da diagonal	
244	34:33	Aluna não identificado: ((inaudível))		
245	34:34	P: Já ((inaudível)) de vocês...		
246	34:35	A6: Não... é só a gente/		
247	34:36	Aluna não identificada: Não a gente ((inaudível))		
248	34:38	A2: É porque a gente táva ((inaudível)) no meio mesmo...		
249	34:42	P: Ó tá vendo ó... tão mais alinhados... este tem que estar alinhado com este...	Mostrando a diagonal sobre a base do interferômetro.	
250	34:46	A11: Mas tava...		
251	34:48	Aluna não identificada: Ah... entendi professor...		
252	34:49	P: Entendeu? E você vê aqui ó...		
253	34:52	A18: Agora vamos desmontar pro outro grupo....		
254	34:53	Aluna não identificada: É...		
255	34:55	A6: Não é justo...		
256	34:56	A18: É logico que é justo...		
257	34:58	A6: Não é justo... a gente ((inaudível))		
258	35:00	A3: A gente pode ((inaudível))		
259	35:02	P: O legal é que vocês ((inaudível)) não vocês podem desmontar...		
260	35:05	A3: Ah...		
261	35:08	A6: Vou contar tudo ((inaudível))		
262	35:09	A11: Ah que maldade... meu Deus...		
263	35:11	Alunas: Conversam	Enquanto vão organizando as peças do interferômetro a fim de entregar para o próximo grupo o	

			interferômetro desmontado.	
		Grupo 2 MZ interferômetro virtual		
264	36:25	A39: Não conseguimos fazer nada....	A36 manipula o interferômetro virtual. Achamos que as dificuldades demonstradas por estes alunos se deu pelo fato de serem alunos pouco frequentes nas aulas anteriores. Apontando para a tela do micro	
265	36:27	Câmera: Qual a dificuldade aí?		
266	36:29	A36: Toda...		
267	36:34	A15: ((inaudível)) espelhos...		
268	36:36	A36: Como que mexe aqui? Será que não precisa mexer em nada aqui...não?		
269	36:40	Câmera: Precisa...olá tem os iconzinhos aí... você vai clicando....		
270	36:48	A36: Ah::		
271	36:50	Alunos do grupo: conversam		
272	37:04	Câmera: Olha aí o que o professor falou...as imagens que se formam... pode olhar		
273	37:06	A36: É só isso?		
274	37:09	Câmera: Não é só isso... tem bastante coisa aí... mas tá legal... o importante é entender o caminho...		
275	37:16	A36: ((inaudível))		
		Grupo 2 MZ - Real		
276	37:24	Câmera: E agora na prática... como é que é?	Manipulando o semiespelho	
277	37:26	A2: É mais legal...		
278	37:33	Alunos do grupo: conversam	A4, A13 e A22 trabalham tentando montar o interferômetro. Os colegas observam atentamente.	
279	37:48	A13: Esse cabelo na minha frente....		
280	37:51	A4: Ah... desculpa aí		
	38:00	Alunos do grupo: conversam	A28 coloca a palma da mão como anteparo para avaliar o alinhamento do interferômetro.	
281	38:00	A4: E esse negócio do outro lado aqui? ((apontando para o semiespelho))...gira		
282	38:06	Aluno não identificado: Gira...		
283	38:08	Aluno não identificado: Tá feliz?		
284	38:18	Alunos do grupo: conversam ((A22 dá para a A28 uma folha de papel para ser usada como anteparo e, desta forma possam verificar o alinhamento. Nota-se grande envolvimento de todos do grupo tentando achar uma solução para a atividade proposta. Como há muitas conversas ao mesmo tempo não houve possibilidade de transcrever este trecho de forma satisfatória))		
284	40:50	P: Deixa eu ver o que esses ((inaudível)) fizeram aqui...Ô tenta afastar um pouquinho... pega o anteparo e leva um pouquinho mais pra trás...mais...Qual que é... o quê que vocês perceberam aqui? Qual foi ((inaudível)) que vocês usaram? Explica aí... para gerar isto daqui?	A13 vai afastando o anteparo Apontando para o anteparo. A pergunta do professor procura levar os alunos a refletirem sobre	

			suas práticas.	
285	41:14	A4: Mexemos em tudo aqui	Gesticulando com as duas mãos sobre o interferômetro.	
286	41:16	P: Então a primeira coisa que vocês fizeram... a primeira coisa que vocês fizeram foi mexer nisto daqui né? Isto daqui é o semiespelho... e aqui você está trabalhando com dois espelhos... E aí qual é a ideia? A ideia é a seguinte... vem a luz do laser... quando ela chega no semiespelho 1... ele deixa passar um pedaço e reflete um pedaço pra lá... Aí uma parte da luz bate ali... volta... a outra parte passa... a luz que veio pra este espelho... bate nesse espelho... volta... uma parte vem pra cá outra parte vem pra cá ((à medida que fala vai mostrando com as mãos as trajetórias da luz))... Então eu vou ter duas partes da luz né... uma parte que foi refletida por aqui e outra que foi refletida por aqui vindo pra cá... Então o segredo pra você deixar isto daqui ((o interferômetro)) alinhado pra você chegar na imagem... é você deixar centralizado aqui óh ((indicando que os dois pontos de luz devem coincidir no espelho lateral))... aqui tem que estar bem no centro e aqui tem que estar bem no centro ((mostrando os dois espelhos))... A dica que eu daria pra vocês acertarem certinho é... tape um caminho aqui e vê se está pegando bem no centro certinho... Óh vamos ver ((começa a regular um dos espelhos com uma das mãos e com a outra impede a passagem da luz para o outro semiespelho))... Ó tá vendo a pontinha ali da luz que tá voltando... Não tá vindo certinho não... vou deixar ((inaudível))... tá vendo ó... mexendo ó... ó a luz refletida... vamos deixar bem no centro... vê se está bem no centro... aqui ó... tem que ter ó... os dois tem que tá certinho ((indicando com as mãos o alinhamento))... bem no centro... Agora eu vou fazer o seguinte... eu vou travar esse ((coloca uma das mãos na frente do espelho)) e vou mexer só naquele ((agora é A4 que se debruça sobre o interferômetro para ver melhor. A4 também vai torcendo o parafuso regulador do espelho))	Mostrando o semiespelho no centro do interferômetro ((neste modelo o semiespelho está no centro do interferômetro)) Esta intervenção do professor é para esclarecer os alunos qual é o problema a ser resolvido. Numa SEI esta deve ser uma preocupação constante do professor. Tapando com uma das mãos a trajetória do feixe laser. A28 se debruça sobre o interferômetro para poder observar melhor	
287	43:09	P: O professor e os alunos do grupos conversam e tentam alinhar o interferômetro ((por causa da alta intensidade de ruídos no ambiente esta parte da transcrição não pode ser feita))		
288	43:21	P: Precisa fechar mais ((falando com A4 que manipula o parafuso regulador de um dos espelhos))		
289	43:41	P: Tem que ter um espaço bem pequeno ((inaudível))		
290	43:43	A4: ((inaudível))		
291	43:51	P: Tá vendo ó ((inaudível))		
		Esta aula vai até o instante 51:55 minutos. Não achamos necessário a transcrição dos últimos 15 minutos porque não aparece nenhum evento novo durante este intervalo de tempo.		

ANEXO III

Pedido de Autorização para Filmagem

Nome do solicitante:

Finalidade:

Coleta de dados para pesquisa de mestrado que versa sobre uma sequência de ensino investigativa (SEI) com tema Dualidade Onda-Partícula em aulas de física do Ensino Médio.

O projeto é parte integrante do Programa Interunidades de Pós-Graduação em Educação da Universidade de São Paulo que visa à melhoria da qualidade do Ensino.

Esclarecemos que todos os registros - escritos, de imagem ou de voz - serão utilizados exclusivamente para fins pedagógicos e de pesquisa em educação, não tendo quaisquer finalidades outras.

Ciente da Direção

Assinatura do Solicitante:

Data: ____/____/2012.

Autorização dos Pais/Responsáveis

Eu _____ autorizo a filmagem das aulas de Física de meu (minha) filho(a)

_____ do 3º Ano ____ do Ensino Médio.

Assinatura do Pai/Mãe ou Responsável

R.G. _____

Data: ____/____/____