

Ivan Pontelo

**SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE
DADOS EM ATIVIDADES PRÁTICAS DE FÍSICA: UM ESTUDO DE
DOIS CASOS NA INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Adelson Fernandes Moreira

Belo Horizonte (MG)

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Ivan Pontelo

**SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE
DADOS EM ATIVIDADES PRÁTICAS DE FÍSICA: UM ESTUDO DE
DOIS CASOS NA INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, em 05/08/2009, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica, aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Adelson Fernandes Moreira - CEFET/MG - Orientador

Prof. Dr. Dácio Guimarães de Moura – CEFET/MG

Prof. Dr. Oto Neri Borges – COLTEC/FaE/UFMG

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos. Mesmo tão distantes vocês me fizeram ser quem eu sou.

Agradecimentos

Agradeço imensamente ao professor, doutor, companheiro, amigo, confidente, colega e parceiro Adelson. Muito obrigado por tudo!

Agradeço também à minha família. Não dá para citar nomes, pois eu escreveria outra dissertação se o fizesse, mas vocês sabem que fazem parte da minha vida. Muito obrigado por isso!

Agradeço também:

Ao André e à Bia, com quem convivi e a quem devo a realização desta pesquisa. Vocês são dez!

Ao CEFET-MG e à FAPEMIG, pelo apoio à minha pesquisa.

Aos professores Dácio Moura e Oto Borges, pelas imensas contribuições.

Ao LACTEA e ao GESTA, pelas excelentes discussões.

Ao “Leão e a Gazela”, por propiciar que eu não me perdesse na savana.

Aos colegas de mestrado, pois a união faz a força!

Aos professores do mestrado, pelas interações sempre positivas.

À Júlia e família, pelo imenso apoio e participação.

Aos meus amigos, pelos incentivos e palavras de força.

Ao Colégio Palas Atena e ao Colégio Renascence, pela compreensão e por me apoiarem em minha formação.

À equipe de professores do PDP, especialmente à Eliane Cangussu, Maria Hilda, Marta, Penha e Eliane, pela ajuda e coleguismo.

Ao Lucas, pela revisão do abstract.

Resumo

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de analisar a utilização de sistemas automáticos de aquisição e tratamento de dados (SAATD) em um ambiente de aprendizagem escolar, buscando verificar se as possibilidades apontadas na literatura se concretizam nesse ambiente, assim como analisar fatores que dificultam a criação de oportunidades de aprendizagem no desenrolar das atividades investigadas. Foram realizados dois estudos de caso em um projeto de Iniciação Científica Jr., tendo como referencial teórico a teoria da atividade, de Leontiev. Adotaram-se como técnicas de levantamento de dados a observação participante, a realização de entrevistas com os bolsistas e o estudo de seus diários de bordo e relatórios. Foram produzidas evidências do potencial dos SAATD para a geração de oportunidades de aprendizagem. Entretanto, sua utilização também impõe limitações na atividade, relativas à necessidade de reproduzir as condições ideais de funcionamento dos sensores. Experimentamos a complexidade das relações entre elementos internos e externos ao sistema de atividade, entre elementos internos e externos relativos a cada participante dele e a repercussão dessas relações na constituição do motivo que engaja cada participante do sistema de atividade. O nível de engajamento dos estudantes e a autonomia a ser conferida dependem da delicada vinculação entre sentido e significado da atividade e se as ações propostas expressam um nível de dificuldade que desafie os estudantes e não os paralise ou leve a resultados que os deixem perdidos, sem referências. A realização dessa investigação destacou que uma possível lição ainda não aprendida está em subestimar as condições de operação de cada tecnologia recém chegada no espaço escolar e, especialmente, o tempo e o suporte necessários para que o professor dela se aproprie.

Abstract

The objective of this research was to analyze the use of Automatic Systems of Data Acquisition and Treatment (in Portuguese, SAATD) in a scholar learning environment, aiming to verify whether the possibilities of use for these systems pointed out by previous researches are confirmed, and also aiming to analyze factors that make the creation of learning opportunities difficult during the development of the investigated activities. Two cases were investigated, referring to Leontiev's Activity Theory, in a Junior Scientific Initiation project. The data acquisition methods in this research were participant observation, interviews with the students and the analysis of their reports and diaries. Evidences were found to support the potential of use of SAATD generating learning opportunities. Nevertheless, their uses also impose limitations on activity relative to the necessity for reproducing the sensors' ideal working conditions. We experienced the complexity of the relations between internal and external elements of the activity system, between internal and external elements relative to each participant, and the repercussion of these relations in the constitution of the motives that engage each participant in the activity. The engagement level of the students and their autonomy in the activity depend on the delicate bond between students' personal sense and the meaningfulness of the activity. They also depend on whether the planned actions offer a level of difficulty that challenges the students and does not paralyze them or lead to results that may let them lose, without references. With the development of this research we realized that there is an important lesson yet not learned by technologists and educators. We must not underestimate the operating conditions of each new technology applied to Education, and specially we must not underestimate the necessary time and support for the teacher to be familiar with this technology.

Sumário

1 Introdução.....	8
2 Referencial Teórico	21
3 Metodologia	40
4 Resultados e análises	68
4.1 O caso de André	71
4.1.1 Categoria A: sentidos atribuídos pelos estudantes a aspectos de uma atividade prática.....	71
4.1.2 Categoria B: níveis de engajamento	76
4.1.3 Categoria C: interações entre sujeito e objeto.....	81
4.2 O caso de Bia	94
4.2.1 Categoria A: sentidos atribuídos pelos estudantes a aspectos de uma atividade prática.....	94
4.2.2 Categoria B: níveis de engajamento	97
4.2.3 Categoria C: interações entre sujeito e objeto.....	109
5 Conclusão	121
Referências.....	133
ANEXO A – Lista de afirmações sobre o trabalho em laboratório.....	139

1 Introdução

A pesquisa aqui relatada foi realizada com o intuito de contribuir para a diversificação das atividades práticas no ensino de Física a partir da utilização de tecnologias envolvendo o computador. Tivemos como objetivo principal analisar a utilização de sistemas automáticos de aquisição e tratamento de dados (SAATD) em um ambiente de aprendizagem escolar, buscando verificar se as possibilidades apontadas na literatura se concretizam nesse ambiente, assim como analisar fatores que dificultam a criação de oportunidades de aprendizagem no desenrolar das atividades investigadas.

A aprendizagem de Física envolve vários aspectos, como compreender modelos, observar o comportamento da natureza e estruturar explicações para fatos a partir de determinadas teorias. Existem várias formas de se criarem oportunidades de aprendizagem em Física.

Quando se planeja uma sequência de ensino, pode-se tentar prever os resultados de tal processo no que diz respeito ao que é efetivamente apreendido pelos estudantes. Porém, a aprendizagem depende do comprometimento do estudante com a realização das atividades, do seu interesse no que está sendo feito e até mesmo do que ele espera ao passar por aquele processo. Assim sendo, não se pode afirmar com certeza a eficácia de determinada ferramenta didática em qualquer situação ou se uma estratégia de ensino será bem sucedida.

No entanto, é possível discutir se durante uma atividade de ensino foram criadas oportunidades de aprendizagem observando-se aspectos que interferem nesse processo, relacionados à conduta do estudante e à sua interação com fatores materiais e humanos do ambiente. Programar uma atividade de ensino pode ser entendido como planejar oportunidades de aprendizagem e trabalhar para que tais oportunidades sejam cada vez mais numerosas e passíveis de serem transformadas em aprendizado pelo estudante.

Uma das estratégias utilizadas por professores para criar oportunidades de aprendizagem no ensino de Física é a atividade prática. As atividades práticas são atividades realizadas pelos estudantes que envolvem contato direto com o objeto de estudo ou com uma analogia material do mesmo. Essas atividades estão dirigidas a buscar o interesse do estudante, podem se aproximar de investigações científicas, com controle de variáveis e utilização de ferramentas de pesquisa, podem envolver a produção de modelos ou vídeos e a realização de uma encenação ou teatro em que os estudantes trabalhem com objetos da ciência (BORGES, 2002; HODSON, 1988, 1994; TAMIR, 1990).

Autores com diferentes enfoques sobre o papel das atividades práticas no ensino de Física destacam como condições fundamentais para o êxito de uma atividade prática que ela seja bem planejada e que se tenha clareza de objetivos ao realizá-la (ARAÚJO; ABIB, 2003; BORGES, 2002; GOMES et al., 1999; HODSON, 1988, 1994; IZQUIERDO et al., 1999; MILLAR, 1991; SÉRÉ et al., 2003; TAMIR, 1990; WHITE, 1996).

Os dois aspectos principais na realização de atividades experimentais, segundo Araújo e Abib (2003), são:

a) Capacidade de estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem.

b) Tendência em propiciar a construção de um ambiente motivador, agradável, estimulante e rico em situações novas e desafiadoras que, quando bem empregadas, aumentam a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência. (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 190-191).

Outros aspectos importantes que as atividades práticas podem envolver são os seguintes: a oportunidade de maior interação entre os estudantes e entre eles e o professor; a elaboração de planos de ação; o desenvolvimento da criatividade; o suscitar de discussões; o aprendizado manual; a demanda por reflexão, formulação de hipóteses e espírito crítico; análise de dados; crítica tanto à teoria quanto ao resultado experimental; estímulo e desenvolvimento da comunicação científica; e o favorecimento de uma melhor compreensão da relação entre ciência e tecnologia (BORGES, 2002; CARRASCOSA et al., 2006; GOMES et al., 1999; HODSON, 1994; MARINELI; PACCA, 2006; SÉRÉ et al., 2003; SIAS; RIBEIRO-TEIXEIRA, 2006; WHITE, 1996).

Há indicadores de uma utilização crescente de atividades práticas nas aulas de Física no Brasil (ARAÚJO; ABIB, 2003), lembrando que isso não significa necessariamente a realização de experimentos de bancada. Nos relatos de experiência e pesquisas sobre atividades práticas no ensino de Física, encontram-se alguns trabalhos sobre a utilização, para dinamizar a realização dessas atividades, de computadores acoplados a sensores de aquisição de dados, os sistemas automáticos de aquisição e tratamento de dados (SAATD).

Araujo e Veit (2004) fizeram uma revisão dos trabalhos acadêmicos que envolveram a utilização de tecnologias computacionais no ensino de Física desde 1990 até

2003, discutindo ao todo 109 trabalhos. Esses autores indicam que existem sete modalidades principais para o uso de computadores no ensino:

1. Instrução e avaliação mediada pelo computador;
2. Modelagem e simulação computacional;
3. Coleta e análise de dados em tempo real;
4. Recursos multimídia;
5. Comunicação à distância;
6. Resolução algébrica/numérica e visualização de soluções sistemáticas;
7. Estudo dos processos cognitivos.

Nesse trabalho, Araujo e Veit (2004) constataram que “a [modalidade] que mais aparece na literatura é a **modelagem e simulação computacional** (52 artigos), em segundo lugar vem a **coleta e análise de dados em tempo real** (28 artigos)” (ARAUJO; VEIT, 2004, p. 11, grifo dos autores). Fiolhais e Trindade (2003) consideram que os principais modos de utilização dos computadores são a aquisição de dados por computador; a modelagem e simulação; os materiais multimídia; a realidade virtual; e a busca de informações na internet.

Percebe-se na literatura um crescimento relativo do número de trabalhos sobre o uso de SAATD no ensino de Física, desde 1999, embora seja ainda pequena a produção nessa área. Além do pequeno número de investigações sobre a utilização de SAATD, essas se encontram ainda distantes do trabalho nas escolas (ARAUJO; VEIT, 2004; ARAÚJO; ABIB, 2003).

O uso de SAATD pode ser de grande valia para a realização de uma atividade prática. Encontramos na literatura doze fatores principais apontados como possibilidades trazidas pela utilização de SAATD:

1. Facilitar a coleta e a repetição da coleta de dados, reduzindo o tempo gasto e aumentando a quantidade de dados obtidos e analisados (AGUIAR; LAUDARES, 2001; ARAUJO; VEIT, 2004; ARAÚJO; ABIB, 2003; BORGES, 2002; CAVALCANTE et al., 1999; CAVALCANTE; TAVOLARO, 1997; FIGUEIRA; VEIT, 2004; HODSON, 1994; HAAG et al., 2005; MOSSMANN et al., 2002);
2. Favorecer que os estudantes dediquem mais tempo à formulação do problema da atividade ou à discussão dos resultados obtidos (ARAUJO; VEIT, 2004; ARAÚJO; ABIB, 2003; CAVALCANTE; TAVOLARO, 1997; HAAG et al., 2005);
3. Permitir o desenvolvimento de certas habilidades como utilizar alguns programas de computador, trabalhar com o SAATD, fazer cálculos estatísticos, construir e interpretar gráficos, entender erros aleatórios e sistemáticos, etc. (ARAUJO; VEIT, 2004; CAVALCANTE; TAVOLARO, 1997; GRALA; OLIVEIRA, 2005);
4. Aproximar o estudo da física à realidade estudada, por trabalhar com dados produzidos a partir de experimentos reais (CAVALCANTE et al., 1999; MOSSMANN et al., 2002);
5. Possibilitar a coleta de dados de fenômenos rápidos, como os que acontecem em frações de segundos, o que seria inviável manualmente (AGUIAR; LAUDARES, 2001; ARAÚJO; ABIB, 2003; BORGES, 2002; FIGUEIRA; VEIT, 2004);

6. Facilitar a alteração das condições de contorno para checar hipóteses (CAVALCANTE et al., 1999; FIGUEIRA; VEIT, 2004);
7. Possibilitar o estudo de fenômenos complexos como os que envolvem grande número de variáveis, permitindo um controle maior da prática pelos estudantes (BORGES, 2002; HODSON, 1994; FIOLEAIS; TRINDADE, 2003; HAAG, 2001);
8. Promover a coleta de dados em tempo real, o que permite a alteração imediata do plano de investigação, caso o estudante julgue necessário (AGUIAR; LAUDARES, 2001; BORGES, 2002; CAVALCANTE et al., 1999; FIGUEIRA; VEIT, 2004; FIOLEAIS; TRINDADE, 2003; HAAG et al., 2005);
9. Propiciar maior precisão e confiabilidade das medidas obtidas (CAVALCANTE et al., 2002; HAAG, 2001);
10. Promover a interação dos estudantes com tecnologias envolvendo o computador e a inclusão digital (ARAÚJO; ABIB, 2003; CAVALCANTE; TAVOLARO, 1997; GRALA; OLIVEIRA, 2005; FIGUEIRA; VEIT, 2004; HAAG, 2001; HAAG et al., 2005; MOSSMANN et al., 2002);
11. Permitir que o estudante realize atividades mais parecidas com as realizadas em um laboratório de pesquisa em Física (ARAÚJO; VEIT, 2004; CAVALCANTE; TAVOLARO, 1997; GRALA; OLIVEIRA, 2005);
12. Desenvolver o pensamento crítico e criativo do estudante (ARAÚJO; ABIB, 2003; CAVALCANTE et al., 1999).

Constatou-se, portanto, uma tendência, nos trabalhos acadêmicos, em considerar os SAATD como ferramentas de grande potencial para criar oportunidades de aprendizagem. No entanto, de dezessete artigos (os citados nas possibilidades; CAVALCANTE; TAVOLARO, 2000a, 2000b) discutindo a realização de atividades

práticas com SAATD, apenas três (AGUIAR; LAUDARES, 2001; CAVALCANTE; TAVOLARO, 2000a, 2000b) apontaram limites no seu uso. Foram encontrados também outros dez artigos (BARBETA; MARZZULLI, 2000; CAVALCANTE; TAVOLARO, 2003, 2004; LAUDARES et al., 2004; MAGNO; MONTARROYOS, 2002; MAGNO et al., 2004; MONTARROYOS; MAGNO, 2001; RIBAS et al., 1998; SILVA et al., 2004; SOUZA et al., 1998) sobre SAATD, mas nenhum deles versa sobre a utilização de tais sistemas em situações de ensino, sendo a maioria a respeito de propostas de montagens com utilização de SAATD, sem relatar resultados sobre a utilização dos sistemas em ambientes de aprendizagem escolar.

Aguiar e Laudares (2001) afirmam, baseando-se em Cavalcante e Tavolaro (2000b), que os SAATD são pouco utilizados no Brasil e os poucos trabalhos que tentam utilizar essa tecnologia enfrentam o problema de que a maioria dos SAATD fabricados por empresas especializadas são comprados por um preço relativamente alto e com o *software* de funcionamento já incluído.

Há também o argumento de que *softwares* comerciais não dão abertura para se trabalharem experimentos diferentes dos planejados pelos fabricantes (AGUIAR; LAUDARES, 2001; CAVALCANTE; TAVOLARO, 2000b; FIGUEIRA; VEIT, 2004). Os três trabalhos que se baseiam nesse argumento propõem a construção de um SAATD de custo mais baixo que o encontrado no mercado, o que resolveria os problemas apontados por esses autores.

Cavalcante e Tavolaro (2000a) apresentaram algumas dificuldades de adaptação de professores ao uso de SAATD no ensino de Física, como o despreparo para utilizar esses sistemas, desde a manipulação de sensores até a análise de dados, e a atribuição, por professores e estudantes, do mito de uma precisão absoluta a

sistemas digitais. As autoras explicitam diversos pontos que devem ser dominados por professores para se evitar um aprendizado falho ou errôneo, como saber o que significam os valores de erro que aparecem nos *softwares* dos SAATD e como considerar e dar uma interpretação aceitável à resolução fornecida pelos sistemas.

As dificuldades encontradas por Cavalcante e Tavolaro (2000a), porém, não são apresentadas como limites do uso de SAATD, ou como contra-indicativos de sua utilização, mas como aspectos que devem ser levados em conta ao utilizar tais sistemas. Em todo o artigo a ênfase é dada sobre as vantagens do uso dos SAATD no ensino de Física e faz-se, a todo o momento, a recomendação do uso desses sistemas como ferramentas de criação de oportunidades de aprendizagem em atividades práticas.

Cavalcante e colaboradores, num trabalho de 1999, afirmam que:

Não é o nosso objetivo nos determos nas particularidades dos processos de medida que a utilização de um computador implica, envolvendo conhecimentos particulares de eletrônica ou de programação. Apenas estamos interessados nos fenômenos físicos utilizados na detecção de eventos, na natureza destes, assim como na interpretação física dos resultados obtidos. Mostraremos ainda as vantagens que o sistema desenvolvido oferece para a construção de conhecimento físico através de um processo vivencial. (CAVALCANTE et al., 1999, p. 129).

Haag, Araujo e Veit (2005) consideraram que, mesmo numa situação em que se gastou muito tempo na familiarização dos estudantes com o SAATD, a utilização do mesmo foi justificada, pois a familiarização com os instrumentos necessários ao ensino de Física é também um dos objetivos das atividades práticas, ou seja, o que seria a princípio uma limitação imposta pelo uso de SAATD foi considerado mais um dos potenciais de criação de oportunidades de aprendizagem trazidos por esses sistemas. Os autores argumentam também que os questionamentos que surgem de situações imprevistas, como essa dificuldade de familiarização dos estudantes com

os sensores, “costumam ser frutíferos, o que dificilmente aconteceria na obtenção de medidas manuais repetitivas” (HAAG et al., 2005, p. 73).

A Coleção Explorando o Ensino: Física, produzida pelo MEC, destacou trabalhos acadêmicos produzidos na área de pesquisa em ensino de Física. Quatro trabalhos (AGUIAR; LAUDARES, 2005; BORGES, 2005; CAVALCANTE; TAVOLARO, 2005; MAGALHÃES et al., 2005) envolveram a produção ou uso de SAATD relacionado ao ensino de Física. Todos os quatro trabalhos já haviam sido publicados em periódicos nacionais (AGUIAR; LAUDARES, 2001; BORGES, 2002; CAVALCANTE; TAVOLARO, 2003; MAGALHÃES et al., 2002) e foram considerados em nossa revisão bibliográfica.

Sokoloff, Laws e Thornton (2007) propuseram um currículo de ensino de Física baseado em SAATD, o *RealTime Physics*, que pode ser usado, segundo eles, tanto no ensino secundário quanto no ensino superior, adaptando-se o grau de aprofundamento no assunto estudado. Esse currículo foi utilizado em várias escolas dos Estados Unidos e testado também pelos próprios autores em duas universidades. As pesquisas relatadas por esses autores mostram que as aulas com os laboratórios baseados em SAATD têm resultados muito superiores aos obtidos com aulas tradicionais. Em uma das turmas pesquisadas, por exemplo, o número de estudantes que dominavam as leis de Newton antes e depois do processo de ensino subiu de 20% para 90%, enquanto que em outra turma, onde foram dadas aulas tradicionais, esse crescimento foi de 5% para 15% (SOKOLOFF et al., 2007).

Os SAATD são, portanto, tratados na literatura como ferramentas de grande potencial de auxílio na criação de oportunidades de aprendizagem no ensino de Física e, de maneira geral, não são considerados os limites que o uso desses

sistemas traz para o alcance dos objetivos propostos. Desconsiderar esses possíveis obstáculos pode implicar na não utilização desses recursos de forma efetiva na escola. Identificar e discutir as dificuldades e verificar se as possibilidades preconizadas podem de fato ser concretizadas são ações que contribuem para promover a inserção no ambiente escolar das tecnologias envolvendo o computador, assim como o aprofundamento do debate sobre essa temática (ARAÚJO e ABIB, 2003).

Araujo e Veit (2004) alertam para o fato de que tem sido confundida a produção de *softwares* e outros recursos computacionais com a pesquisa em ensino de ciências. Esses recursos têm sido produzidos sem uma discussão teórica a respeito das oportunidades de aprendizagem que eles geram ou a respeito de como os recursos podem ajudar e como eles na prática ajudam o processo de aprendizagem dos estudantes. “O trabalho de avaliação sobre a real eficácia de estratégias computacionais permanece em larga medida por fazer” (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p. 271).

Fazem-se, portanto, necessárias pesquisas que promovam e analisem a utilização de SAATD em um ambiente de aprendizagem escolar, buscando identificar as possibilidades e os limites do uso dessas ferramentas através da avaliação das oportunidades de aprendizagem efetivamente criadas. Estudos dessa natureza podem contribuir para favorecer a apropriação pelo professor dessa tecnologia, ampliando as oportunidades de aprendizagem no ambiente escolar a partir da diversificação dos ambientes onde ocorrem as atividades de ensino.

Para além das possibilidades apontadas na literatura, a utilização de sistemas automáticos de aquisição e tratamento de dados na realização de atividades práticas

de Física não é um processo trivial, sendo caracterizado por dificuldades relacionadas à compreensão da estrutura e funcionamento desses dispositivos, às interpretações da incerteza e do significado da medida proporcionada e à organização de ambientes de aprendizagem em que tais dispositivos sejam utilizados adequadamente, além de limites intrínsecos a cada sistema de aquisição de dados.

1. O que diz a literatura sobre atividades práticas com SAATD no ensino de Física?
2. É possível analisar, através da teoria da atividade de Leontiev, um ambiente de aprendizagem constituído a partir do uso de SAATD?
3. Como os estudantes avaliam as suas vivências em uma situação de aprendizagem com SAATD e o seu aprendizado nesse processo?
4. Em que medida as possibilidades apontadas na literatura se concretizam na realização de uma atividade prática de Física que utilize SAATD?
5. Que fatores dificultam a criação de oportunidades de aprendizagem em um ambiente escolar constituído por atividades práticas com SAATD?

Foram planejados, a partir dessas questões norteadoras, os seguintes procedimentos metodológicos, entendendo que esses procedimentos poderiam, ao longo do processo, ser modificados, para que não fossem limitadores, mas orientadores da pesquisa:

1. Realizar uma pesquisa bibliográfica para conceituar atividades práticas. Esse procedimento está relacionado à questão 1.

2. Conhecer como os SAATD têm sido utilizados em atividades práticas no ensino de Física. Esse procedimento está relacionado à questão 1.
3. Estudar a teoria da atividade de Leontiev, tentando verificar a possibilidade de utilizá-la no estudo de um ambiente de aprendizagem concebido a partir do uso de SAATD. Esse procedimento está relacionado à questão 2.
4. Realizar investigações exploratórias, em uma instituição federal de educação tecnológica, de situações de utilização de SAATD em contextos de desenvolvimento de projetos por estudantes bolsistas de Iniciação Científica Jr. Esse procedimento está relacionado às questões 3, 4 e 5.
5. Desenvolver uma observação participante nas aulas de Física de uma turma de primeira série do ensino médio profissional em que serão desenvolvidas atividades com SAATD. Esse procedimento está relacionado às questões 3, 4 e 5.

Os resultados do procedimento 1, as pesquisas bibliográficas sobre atividades práticas em que são utilizados sistemas automáticos de aquisição e tratamento de dados, já foram apresentados neste capítulo de introdução.

A seguir, no capítulo 2, será apresentado o referencial teórico que deu suporte à pesquisa, estudo que correspondeu ao procedimento 2.

No capítulo 3, serão apresentadas e fundamentadas as escolhas metodológicas da pesquisa, que caracterizamos como um estudo de tipo etnográfico. Um aspecto importante a justificar as escolhas refere-se às dificuldades encontradas no desenvolvimento de experimentos com SAATD. Nesse capítulo apresentaremos a justificativa de o procedimento 5 não ter sido realizado, em detrimento da investigação prolongada da situação exploratória.

No capítulo 4, serão relatados os resultados e as análises suscitadas na pesquisa.

Por fim, no capítulo 5, as questões de pesquisa serão retomadas e respondidas de modo a fundamentar a conclusão da investigação relatada nessa dissertação.

2 Referencial Teórico

Na tentativa de compreender os processos psíquicos como um todo, ou seja, superando tanto a linha teórica que considerava o pensamento como secundário com relação aos processos fisiológicos cerebrais quanto a linha teórica que considerava que os processos fisiológicos eram distintos e separados do pensamento, Vygotsky propõe, com base no materialismo dialético de Marx e Engels, a consciência como objeto fundamental de investigação (WERTSCH, 1985).

A consciência era entendida por Vygotsky “como a reflexão subjetiva da realidade material pela matéria animada” (WERTSCH, 1985, p. 187, tradução nossa). O termo reflexão nessa definição deriva da “teoria da reflexão”, de Lenin, e não deve ser confundido nem com a recepção passiva de dados sensoriais, nem com os conceitos de autorreflexão, autoconsciência ou tomada de consciência (WERTSCH, 1985).

Vygotsky propõe ainda que a consciência do sujeito é composta por dois subcomponentes básicos: o intelecto e a afetividade. Ele se dedicou pouco ao estudo da afetividade, focando-se mais no estudo do intelecto e de seus subcomponentes, as funções psicológicas superiores, como memória, atenção, pensamento e percepção. Apesar disso, Vygotsky defendia que nenhum dos subcomponentes da consciência, independente de seu grau na hierarquia, deveria ser estudado isoladamente dos outros subcomponentes, ou seja, para se ter informações corretas sobre a consciência humana, é preciso levar em conta todos os subcomponentes da mesma, a relação entre eles e a relação deles com a própria consciência (WERTSCH, 1985).

Outro aspecto defendido por Vygotsky foi a necessidade de se levar em conta o caráter dinâmico dos processos psíquicos, ou seja, é imprescindível que toda a estrutura constitutiva da consciência seja estudada através de seus subcomponentes, das relações que os permeiam e das transformações e modificações sofridas por eles (WERTSCH, 1985).

Para se realizarem investigações sobre a consciência levando em conta todos os aspectos destacados, Vygotsky propõe como unidade de análise o “significado da palavra”, pois, para ele, o significado da palavra é um microcosmo que contém todas as principais características da consciência e permeia toda sua estrutura (WERTSCH, 1985). Wertsch (1985), porém, considera que a escolha de Vygotsky para a unidade de análise da consciência não foi adequada devido a:

(1) sua falha em situar o significado da palavra em uma proposta mais ampla do referencial proposicional e de discurso; (2) sua falha em preencher seus próprios requerimentos para uma unidade de análise, nominalmente, que é servir como um microcosmo das relações interfuncionais dinâmicas que definem a consciência; (3) sua falha em explicar adequadamente a relação entre forças naturais e sociais de desenvolvimento. (WERTSCH, 1985, p. 198, tradução nossa).

Os colegas e estudantes de Vygotsky que continuaram suas investigações, como Davydov, Gal’perin, Leontiev, P. I. Zinchenki e V. P. Zinchenki propuseram, então, como unidade de análise a atividade com objetos. Eles chegaram a dizer em alguns de seus trabalhos que o próprio Vygotsky esteve próximo de propor a atividade como unidade de análise, com base em alguns de seus escritos a respeito desse conceito. Surge então na psicologia russa a Teoria da Atividade, cuja autoria é atribuída a A. N. Leontiev (WERTSCH, 1985).

As ideias iniciais que propusera Vygotsky sobre o problema da origem da atividade psíquica interna na atividade externa diferem fundamentalmente das concepções teóricas de outros autores contemporâneos dele. Essas ideias surgiram da análise das peculiaridades da atividade especificamente humana: a atividade laboral, atividade produtiva que se realiza por meio de instrumentos, uma atividade primariamente social, isto é, que se desenvolve

somente em condições de cooperação e compartilhamento por pessoas. (LEONTIEV, 1978, p. 59, tradução nossa).

Para Leontiev (1978), a consciência não é apenas um resultado da evolução biológica, um pré-requisito da ação intencional. A consciência é resultado de uma atividade intencionada a um objeto. A atividade do ser humano sobre o mundo constitui a consciência. É inerentemente coletiva, o que implica a origem social da consciência, fundamentada nas elaborações de Marx e no materialismo dialético. Isso significa deslocar o objeto de investigação da consciência do sujeito individual para sistemas sociais de atividade em que sujeito e objeto constituem uma unidade dialógica, cujas múltiplas mediações expressam a inserção da atividade em uma comunidade concreta.

A atividade, núcleo da teoria da atividade e unidade de análise para os estudos sobre a consciência humana, é o processo de mediação na relação sujeito-objeto, compreendida como uma unidade dialética (LEONTIEV, 1978; ROTH, 2004). A “atividade” mantém a força que o “significado da palavra” tinha ao ocupar o papel de unidade de análise e ainda o supera, pois também permeia toda a estrutura que compõe a consciência humana e não está submetida às três limitações apontadas por Wertsch (1985): a falha em situar o significado da palavra no contexto do referencial proposicional e de discurso; a falha em servir como microcosmo; e a falha em explicar a relação entre forças naturais e sociais no desenvolvimento.

A proposição do conceito de atividade, no contexto da psicologia, implica na superação do esquema binomial e direto estímulo-resposta. Entre o sujeito e o mundo dos objetos sociais e naturais existe a atividade do sujeito. Leontiev (1978) propõe uma estrutura para atividade, compreendida como um processo de mediação entre sujeito e objeto.

A atividade humana tem como característica principal seu caráter objetual. Toda atividade tem como foco um objeto. “A atividade pode parecer sem objeto, mas a investigação científica da atividade necessariamente requer o descobrimento de seu objeto” (LEONTIEV, 1978, p. 52, tradução nossa). O objeto da atividade aparece de duas formas: em sua própria existência, independente de qualquer outra coisa e transformando a atividade do sujeito; e como imagem, criada pelo sujeito a partir de sua atividade, como reflexão psíquica das propriedades do objeto. O sujeito interage com o objeto através da atividade e, nesse processo, cria uma imagem psíquica que contém as características do objeto percebidas na interação. O sujeito então passa a interagir com o objeto a partir dessa imagem. A evolução da atividade resulta das modificações recíprocas produzidas no objeto e nas representações internas elaboradas pelo sujeito na interação (LEONTIEV, 1978).

A “necessidade” é uma condição interna para que ocorra a atividade humana (LEONTIEV, 1978). Toda atividade tem uma necessidade que a constitui, ou seja, é preciso uma razão, um motivo para que a atividade aconteça. A necessidade de uma atividade é o que faz com que os sujeitos a realizem e o motivo da atividade é sanar essa necessidade. Portanto, toda atividade está intrinsecamente ligada a um motivo. O motivo se liga estreitamente ao objeto da atividade. A atividade objetual é definida, então, pela necessidade que a constitui.

A atividade objetual é realizada por meio de “ações”. A ação é um processo subordinado a um “objetivo” consciente. Toda ação tem um objetivo a alcançar, assim como toda atividade tem uma necessidade a satisfazer. Portanto, a necessidade cria a atividade, que acontece através de ações, sendo que cada ação tem seu objetivo próprio. As ações são estimuladas pelo motivo da atividade, mas estão dirigidas aos seus objetivos próprios (LEONTIEV, 1978; OLIVEIRA, 1997).

Quando o sujeito tem consciência do motivo gerador da atividade, pode-se dizer que tal motivo torna-se um objetivo geral de onde podem ser tirados os objetivos parciais relativos às ações a serem executadas. Portanto, pode-se pensar que uma atividade tem um objetivo geral que motiva as ações, que serão realizadas com o propósito de serem alcançados os respectivos objetivos parciais (LEONTIEV, 1978).

Uma ação pode ser realizada de diversas maneiras. A essas maneiras é dado o nome de “operações”. Portanto, para alcançar um determinado objetivo, o sujeito realizará uma ação através de um conjunto de operações. Assim como as ações se relacionam com seus objetivos, as operações são relacionadas às “condições” de realização dessa ação (LEONTIEV, 1978; OLIVEIRA, 1997).

A partir da estrutura da atividade proposta por Leontiev (1978), elaboramos um diagrama de representação dessa estrutura (fig. 1). Nesse diagrama, a atividade é constituída a partir de um motivo e dirigida a um objeto. Essa atividade gera ações, sendo que cada ação seguirá um objetivo próprio. Cada ação será concretizada através de operações, que dependerão das condições de realização da atividade percebidas pelos seus participantes no ambiente em que a atividade está inserida (PONTELO; MOREIRA, 2008). É importante perceber que o objetivo de cada ação não está diretamente ligado ao motivo da atividade. O motivo aparece no âmbito da coordenação de ações e do resultado que produzem conjuntamente.

O sujeito busca, na situação em que se encontra, todos os pré-requisitos para que a atividade aconteça. A situação objetiva é constituída pelas condições de realização da atividade percebidas pelo sujeito, pelos objetivos das ações dessa atividade, pelo motivo da mesma e, finalmente, pelo seu objeto. (LEONTIEV, 1978; PONTELO; MOREIRA, 2008).

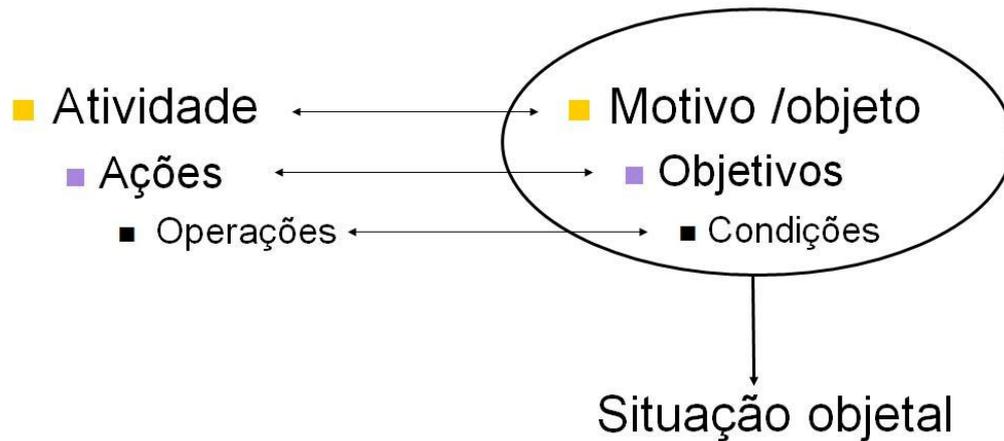


Fig. 1: Diagrama da estrutura da atividade humana (PONTELO; MOREIRA, 2008).

Os níveis da estrutura da atividade humana (atividade, ações e operações) não devem ser estudados em separado. É preciso levar em conta as relações internas que os caracterizam e também as relações entre eles, que podem trazer transformações surgidas no desenvolvimento da atividade.

A atividade humana está inserida no sistema de relações da sociedade. O sujeito realiza atividades em um processo contínuo de interação com o meio social. A atividade objetal está estreitamente ligada aos papéis vividos em sociedade, pois tal atividade é o que consolidará o sujeito no meio social em que está inserido. Nas palavras de Leontiev, “a sociedade produz a atividade de seus indivíduos, formando-os” (LEONTIEV, 1978, p. 51, tradução nossa).

Para um exemplo de atividade dentro do tema no qual está inserida esta investigação, o ensino de Física, consideremos uma situação em um laboratório didático, em que um grupo de estudantes é desafiado a evidenciar que a resistência do ar é desprezível para uma esfera maciça de madeira, quando essa é abandonada da altura de um metro. O grupo aceita o desafio, motivado pela possibilidade de determinar experimentalmente uma constante física importante: a aceleração da gravidade. Para resolver o desafio, o grupo decide determinar a aceleração de

queda da esfera e comparar o seu valor com a aceleração da gravidade nas proximidades da superfície da Terra. Se a diferença entre esses valores for suficientemente pequena e consistente com a incerteza das medidas realizadas, então a esfera em questão cai com aceleração da gravidade. A queda com esse valor de aceleração nas proximidades da superfície da Terra só acontece se a resistência do ar for desprezível. A solução do problema proposto está, portanto, na medida da aceleração de queda da esfera. O motivo está na curiosidade despertada pela possibilidade da medida de uma constante física importante.

Para realizar essa atividade, o grupo poderia desenvolver as seguintes ações: medida da posição da esfera em função do tempo, durante sua queda da altura de um metro em relação ao chão; determinação da distância percorrida em função do tempo, a partir das medidas de posição; construção de um gráfico de distância percorrida em função do tempo; linearização do gráfico de distância em função do tempo; cálculo da inclinação do gráfico linearizado; determinação da aceleração de queda da esfera a partir do valor dessa inclinação; comparação do valor obtido com o valor tabelado para aceleração da gravidade na latitude em que foi feita a medida; verificação se a diferença entre os valores é suficientemente pequena e está dentro da incerteza das medidas. Caso essa situação se configure, a queda da esfera ocorre com resistência do ar desprezível.

Se o problema proposto estiver completamente em aberto, sem qualquer indicação dos procedimentos necessários para sua solução, caberá ao grupo deliberar que ações serão executadas e como o objetivo de cada ação se relaciona à solução do problema gerador da atividade. Um possível conjunto de ações a constituir a atividade do grupo foi explicitado no parágrafo anterior. Cada ação tem seu objetivo, que se depreende da própria descrição da ação. Nenhum desses objetivos se liga

diretamente ao problema da atividade, mas sua articulação conjunta possibilita uma solução para o problema.

A forma como essas ações serão executadas dependerá dos equipamentos disponíveis. Ela poderá envolver medidas feitas com régua e cronômetro, o que implicaria em um problema operacional sério, uma vez que o tempo de queda da esfera em estudo é próximo do tempo de reação de uma pessoa. A inexistência de equipamentos mais sofisticados, capazes de medir pequenos intervalos de tempo, estabelece uma condição que pode demandar novas ações e operações como, por exemplo, medir a posição em função do tempo da mesma esfera rolando por um trilho inclinado, de forma a alongar o tempo de queda. As operações segundo as quais se realizam as ações dependem das condições oferecidas pela situação objetual.

Se o grupo dispuser de equipamentos sofisticados, poderá obter as medidas e os gráficos correspondentes na tela de um computador, cabendo a ele apenas as tarefas de desenvolver a montagem experimental de forma compatível com as condições operacionais dos equipamentos e mobilizar os conhecimentos necessários para interpretar os gráficos disponibilizados por esse sistema informatizado.

Eis, portanto, o exemplo de uma atividade e como um conjunto de ações com objetivos definidos e articulados conduzem à solução do problema gerador da atividade. Os objetivos das ações devem ser compreendidos pelos atores. A solução do problema não se liga diretamente a eles, mas à realização das ações de forma articulada. A forma como as ações propostas serão realizadas depende das condições colocadas pela situação objetual e isso implica em operações específicas

dependentes do conhecimento prévio do grupo envolvido e dos instrumentos disponíveis para a realização das ações. Os elementos de uma atividade devem ser compreendidos em permanente relação, de modo que a unidade de análise é a atividade, configurada em sua complexidade pelas ações e operações que a constituem e determinada pela situação objetiva na qual se realiza.

Leontiev (1978) critica duas perspectivas que situa dentro de uma velha psicologia metafísica. Uma delas compreenderia o sujeito como uma máquina de reações e, portanto, os processos psicológicos seriam determinados pelas características dos estímulos externos. As respostas a esses estímulos poderiam ser constituídas por uma complexa cadeia de reações de modo a explicar a complexidade das condutas humanas. A outra perspectiva pressupõe as funções psicológicas como resultado do desenvolvimento de uma intensa força espiritual.

Para problematizar a dicotomia expressa por essas duas perspectivas, ambas separando sujeito-objeto, a primeira atribuindo primazia ao objeto, portanto uma perspectiva materialista, a segunda colocando a primazia no sujeito, portanto uma perspectiva filosófica idealista, Leontiev (1978) se vale de uma analogia proposta por Marx: a produção de uma faísca pelo atrito de uma rocha com um metal. Ambas as perspectivas atribuem a faísca como algo que sairia da rocha ou do metal, desconsiderando a interação como processo que de fato produz a faísca. A perspectiva buscada em Marx se assenta nessa unidade rocha-metal para a produção da faísca pela interação, isto é, unidade sujeito-objeto, cujo processo de mediação, a atividade, constitui as funções psicológicas superiores, a consciência.

Essa concepção discorda da perspectiva materialista que nega o sujeito, mas se mantém dentro do materialismo filosófico, porém assumindo a dialética que

apropriamos como dialogia entre sujeito e objeto, em permanente comunicação, provocando modificações mútuas, produzindo novas realidades. Tal perspectiva se completa a partir do caráter coletivo da atividade, portanto, da compreensão da atividade como sistema de relações sociais e, por conseguinte, a origem social da consciência.

[...] No estudo das formas de consciência social está a análise da vida social, dos meios característicos de produção, e sistemas de relações sociais; no estudo do psiquismo individual está a análise da atividade de indivíduos em condições sociais dadas e circunstâncias concretas que são o principal de cada um deles. (LEONTIEV, 1978, p.14, tradução nossa).

A participação do indivíduo em diferentes atividades, com outros indivíduos, é o processo segundo o qual sua consciência se desenvolve. O indivíduo, portanto, não repete o percurso da formação sócio-histórica da consciência, nem tem sua consciência constituída por uma projeção em sua mente das idéias e conceitos produzidos pelas gerações anteriores. O desenvolvimento da consciência se faz pela apropriação dos objetos da cultura, por meio da participação em diferentes atividades, com outros participantes da comunidade humana.

Leontiev (1978) chama a atenção para o princípio de que a atividade não deve ser descrita nem compreendida à parte dos vínculos sociais, dos contatos que inevitavelmente ligam os participantes da atividade, nos termos de Leontiev, trabalho.

[...] Entrando em contato uma com a outra, as pessoas também formulam uma linguagem que serve para representar os objetos, os meios, e o processo de trabalho em si mesmo. Os atos de significação são em essência nada mais que atos de isolar o lado teórico dos objetos, e a aquisição pelos indivíduos de linguagem é a aquisição da sua significação na forma de percepção. (LEONTIEV, 1978, p.18, tradução nossa).

Nessa perspectiva, a linguagem não seria a origem da consciência, mas uma forma de sua expressão. As palavras e os signos não seriam apenas substitutos para as coisas, mas expressão de uma prática social objetivada na linguagem.

Para destacar a natureza coletiva e social da atividade humana, Engeström (1987) propõe analisar a relação sujeito-objeto com base em outras dimensões, além da construção e utilização de ferramentas e signos proposta por Vygotsky (1984). São elas a emergência de tradições, rituais e regras próprias da vida em comunidade e a divisão do trabalho, que já se fez presente em tempos remotos como uma estratégia coletiva de sobrevivência.

As transições implicadas nessas dimensões, dentro de uma perspectiva filogenética, expressam a transformação de uma atividade adaptativa para uma atividade produtiva, cujo processo envolve trocas, distribuição e consumo do que foi produzido. Todos esses elementos estão expressos no diagrama da figura 2, que acentua a natureza coletiva dos sistemas de atividade humanos, sua formação sistêmica em constante movimento e imbricada no processo de produção que, em uma sociedade complexa, deve ser compreendido para além da produção material.



Fig. 2: Diagrama do sistema de atividade (ENGESTRÖM, 1987, 1999; COLE; ENGESTRÖM, 1997).

Os elementos do diagrama da figura 2 expressam diferentes mediações e salientam que indivíduos são constituídos em 'comunidades'. As relações entre sujeito, objeto e comunidade são mediadas pelo conjunto de 'artefatos mediadores' desse grupo. Além desses artefatos mediadores, é preciso considerar as 'regras', isto é, normas e sanções que especificam e regulam procedimentos considerados corretos e aceitáveis na interação entre os participantes da comunidade na qual o sujeito se insere. As comunidades se caracterizam também por uma necessária 'divisão de trabalho', concretizada em uma contínua e negociada distribuição de tarefas, poderes e responsabilidades entre os participantes do sistema de atividade (ENGESTRÖM, 1987, 1999; COLE; ENGESTRÖM, 1997).

Os elementos internos do diagrama do sistema de atividade proposto por Engeström (1987) indicam que o estudo da teoria da atividade estaria voltado a priori a uma atividade laboral, onde é fácil perceber as relações de produção, distribuição, troca e consumo de mercadoria. Entendendo, porém, que a atividade humana se manifesta de variadas formas além da laboral, como, por exemplo, atividades educacionais, lúdicas ou movidas pela curiosidade, consideramos que é necessária uma reelaboração desses elementos. Para uma atividade educacional, pode-se conceber a produção de conhecimento no sentido de que os sujeitos envolvidos elaboram algo que não era claro ou que não era conhecido para eles.

Os processos de distribuição, troca e consumo, na atividade educacional, podem ser entendidos como o processo de compartilhamento do conhecimento, onde os sujeitos compartilham informações, experiências, conceitos, ideias, etc., de forma que o diagrama ficaria mais bem adaptado à atividade educacional na forma mostrada na figura 3:



Fig. 3: Diagrama do sistema de atividade (ENGESTRÖM, 1987, 1999; COLE; ENGESTRÖM, 1997) adaptado a uma atividade educacional.

Dentro de uma perspectiva marxista, à qual se filia a teoria da atividade, o objeto do pensamento não pode ser compreendido fora do objeto da atividade prática. A compreensão de que o sujeito e o objeto formam uma unidade dialética, constituindo a síntese do potencial de mudança de um sistema de atividade, confere ao diagrama de Engeström um caráter dinâmico. Outro aspecto que contribui para essa natureza dinâmica é o papel desempenhado pelas contradições internas à atividade. Tais contradições são centrais ao raciocínio dialético e direcionam a mudança. O diagrama do sistema de atividade proposto por Engeström captura, portanto, a estrutura da atividade, mas uma estrutura inerentemente dinâmica, sujeita a mudanças contínuas em suas partes, em suas relações e em seu conjunto (ROTH, 2004).

As ações do sujeito provocam mudanças em todo o sistema de atividade, que não conduz apenas à produção de objetos, mas também à produção e reprodução do

indivíduo, como ser, confirmando certa prática cultural ou se contrapondo a ela (ROTH, 2004). Os elementos destacados no diagrama da figura 3 podem contribuir para melhor descrever e analisar a tensão permanente entre conformação e mudança, que existe, por exemplo, na escola.

Leontiev (1978) destaca a importância de se diferenciar significado objetivo de significado para o sujeito, que ele nomeia como sentido pessoal (*personal sense*). O significado objetivo é aquele produzido pela sociedade, com uma história no desenvolvimento da linguagem e das formas de consciência social. O significado expressa o processo de produção do conhecimento humano e de seus recursos cognitivos, assim como da representação ideológica da sociedade. A existência objetiva do significado situa-se nessas formas de expressão que o tornam subordinado a leis sócio-históricas e também à lógica interna de seu desenvolvimento. É algo, portanto, que, produzido coletivamente, dentro de uma cultura, tem uma existência independente do sujeito.

No diálogo com Leontiev (1978) e Duarte (2004), compreendemos o significado de uma atividade como expressão do conteúdo, da articulação das ações que constituem a atividade e dos objetivos explícitos dessas ações. Ao participar de uma atividade, o indivíduo realiza ações, consciente de seus objetivos e, portanto, se apropria de alguma forma do seu significado. Entretanto, o sentido que o indivíduo atribui às ações, ao seu conteúdo e objetivo, está relacionado ao motivo que o leva a participar de uma atividade e o motivo envolve expectativas pessoais, o papel a que se atribui o indivíduo nesse processo, o que ele realmente espera obter com o resultado da atividade e as determinações das relações sociais do sistema de atividade no qual se insere.

A apropriação de um significado é o oposto e o complementar à objetivação. A apropriação é um processo ativo que implica reproduzir traços essenciais do processo de objetivação. Pode se dar por meio da utilização do objeto ou reprodução de sua atividade de produção. Acontece também na medida em que se constituem no indivíduo as aptidões e funções historicamente formadas (DUARTE, 2004).

[...] A apropriação da cultura é o processo mediador entre o processo histórico de formação do gênero humano e o processo de formação de cada indivíduo como um ser humano. [...] Também o processo de objetivação faz essa mediação, pois não há apropriação da cultura se não tiver ocorrido a objetivação do ser humano nos produtos culturais de sua atividade social. (DUARTE, 2004, p. 50)

Para o sujeito engajado em uma atividade, a percepção e concretização de objetivos, o domínio de meios e operações relativos a uma ação específica, são elementos que dão forma a sua existência e que se relacionam à satisfação de necessidades materiais e intelectuais. Essas necessidades são objetivadas e transformadas nos motivos da atividade. Nem sempre esses motivos são percebidos claramente pelo indivíduo. No entanto, eles se manifestam através de um sentimento de interesse, um desejo, uma paixão. No plano da consciência, esses motivos direcionam a avaliação do significado das circunstâncias objetivas de uma atividade e das ações concretizadas nessas circunstâncias. Isso confere às circunstâncias e ações de uma atividade um sentido pessoal que não necessariamente coincide como o significado objetivo da mesma.

O engajamento do sujeito em uma atividade pode ser caracterizado a partir de três dimensões: comportamental, emocional e cognitiva. A dimensão comportamental envolve a participação e o envolvimento em uma atividade, especialmente no domínio de seu fazer. A dimensão emocional se relaciona às reações afetivas e emocionais diante da atividade e dos diferentes elementos que a constituem e dela

participam. A dimensão cognitiva expressa investimento psicológico no sentido da compreensão do que se faz em determinada atividade, especialmente dos conceitos nela envolvidos. Expressa também ações de metacognição e de autorregulação da aprendizagem. Um estudante engajado cognitivamente vai além do mínimo solicitado, não faz a atividade apenas por obrigação, é movido pelo desejo de aprender e desenvolve estratégias de controle da própria aprendizagem (FREDRICKS et al., 2004; FARIA, 2008).

Faria (2008) discute essas dimensões de engajamento com base em diversos trabalhos, especialmente o de Fredericks, Blumenfeld e Paris (2004). Com base nesses autores, destaca que o conceito de engajamento deve ser compreendido na inter-relação das dimensões comportamental, emocional e cognitiva. De forma semelhante a outros trabalhos citados por Fredericks, Blumenfeld e Paris, Faria desenvolve uma investigação em que essas dimensões são tomadas de forma separada, expressas em diferentes tipos de engajamento, caracterizados de modo distinto e postos em relação com questões, tais como: é possível a ocorrência de engajamento comportamental sem engajamento cognitivo? Em que condições os diferentes tipos de engajamento se implicam mutuamente? Como o desempenho escolar se relaciona aos diferentes tipos de engajamento? Dentre as respostas apresentadas, a aprendizagem conceitual decorre especialmente do engajamento cognitivo. Ainda que o engajamento comportamental seja uma condição necessária para que ela aconteça, esse não é suficiente para garantir a aprendizagem conceitual buscada por meio de certa atividade.

Uma parcela significativa dos dados da investigação relatada neste relatório de pesquisa se relaciona aos níveis de engajamento apresentados pelos estudantes. O conceito de motivo e a estrutura de uma atividade, propostos por Leontiev (1978),

criam uma alternativa para a discussão do conceito de engajamento. Nela, a compreensão do conceito de engajamento como uma totalidade que abarca as três dimensões inter-relacionadas – comportamental, emocional e cognitiva – é reforçada. A fragmentação, por razões metodológicas, é evitada, propondo-se dois níveis de engajamento, nos quais estariam sempre presentes as três dimensões.

O engajamento dos estudantes será discutido no plano das ações e operações (nível operacional) e no plano da atividade (nível compreensivo), sendo esse último relacionado ao motivo da atividade e seu objeto. O engajamento compreensivo implica atitudes de autorregulação das ações desenvolvidas, estratégias metacognitivas, abertura para superar os obstáculos na realização da atividade, investimento na aprendizagem, na construção da autonomia e na relação com o objeto da atividade, buscando-se alcançar os resultados desejados. Esses níveis de engajamento se relacionam ao sentido pessoal atribuído à atividade.

A importância do sentido pessoal atribuído a um significado, ou, de forma mais ampla, a uma atividade, está na relação desse sentido pessoal com o motivo da atividade. Os seres humanos podem participar de uma atividade e atribuir-lhes sentidos bastante distintos. Em uma sociedade complexa, na qual há uma infinidade de situações em que o objeto da atividade não está relacionado diretamente com a satisfação de necessidades existenciais básicas, como matar a fome, se vestir ou se proteger de perigos naturais, essa diversidade de motivos atribuídos pelos participantes de uma mesma atividade é a regra, não a exceção. O significado de uma atividade está nos objetivos das ações que a constituem.

Para exemplificar, consideremos que um estudante desenvolve uma atividade prática no laboratório, orientada por um roteiro. Esse roteiro apresenta instruções de

procedimentos e questões problematizando esses procedimentos e o significado dos resultados obtidos com eles. O estudante participa, em grupo, da execução desses procedimentos, ora atuando diretamente, ora acompanhando um colega responsável pela ação. Atua de forma consciente e está engajado no nível das ações e operações daquela atividade. No entanto, o sentido que atribui ao conjunto das ações realizadas é o de pontuar na disciplina. Os objetivos das ações propostas no seu conjunto expressam o significado da atividade: aplicar modelos conceituais na compreensão de situações físicas concretas, proporcionadas pelos experimentos em um laboratório. Há engajamento operacional, o estudante realiza as ações consciente de seus objetivos, mas o sentido atribuído à atividade está distante de seu significado e, possivelmente, ao final, ele não apreende a atividade em seu conjunto e não compreende o modelo conceitual que orientou todo o processo. Esse seria um exemplo de atividade escolar em que não há coincidência entre o significado da atividade e o sentido que o estudante atribui a ela.

Essa condição pode ser ainda mais forte e sua consequência será a ausência de um engajamento operacional. Trata-se daquele estudante que não participa da realização das ações. Ao final da atividade, apenas copia os resultados, quando tem que entregar um registro feito por ele, ou, então, apenas assina o relatório onde estão registradas as ações do grupo.

O primeiro estudante apresentou engajamento operacional motivado pela nota, não pelo desejo de aprender, produzir e aplicar conhecimentos. Se um estudante é mobilizado pelo problema apresentado no experimento, se engaja operacionalmente, tendo como motivo o desejo de aprender, produzir e aplicar conhecimentos. Seu engajamento, mais que operacional, é compreensivo e implica apreender a atividade, no seu conjunto, e os modelos conceituais subjacentes.

Portanto, no contexto escolar, é mister valorizar e reconhecer o desafio da necessária negociação do objetivo de uma atividade de ensino com os estudantes. Uma implicação do conceito de atividade é o de assumir como referência fundamental de uma prática educativa explicitar e negociar seus objetivos, considerando as expectativas dos estudantes, e trabalhar de forma sistemática buscando fazer com que ocorra para os estudantes uma aproximação entre significado (objetivos das ações realizadas) e sentido da atividade.

Os dados obtidos nessa investigação foram analisados por meio de uma articulação entre os conceitos propostos para atividade, sistema de atividade e níveis de engajamento. A atividade com SAATD foi analisada considerando-se seu objeto e o motivo que engajou os estudantes na sua realização. As condições de operação e o objeto da atividade foram aspectos fundamentais da análise.

A trajetória dos estudantes envolvidos na investigação foi descrita e analisada por meio do diagrama do sistema de atividade, proposto por Engeström (1987, 1999). Os elementos de um sistema de atividade – sujeito; objeto; artefatos mediadores; regras; comunidade; divisão do trabalho; resultados – nortearam a etapa de levantamento dos dados e a produção de categorias de análise. A história de produção dos dados e sua análise será objeto dos capítulos seguintes.

3 Metodologia

Neste capítulo, nosso objetivo é apresentar e justificar as escolhas feitas ao longo do processo de levantamento de dados da investigação. Essas escolhas foram feitas de acordo com o que havia sido planejado em conjunção com novos fatores que foram surgindo. Novas situações exigiram novas escolhas. Para que não seja necessário que o leitor volte ao capítulo de introdução, reescrevemos a seguir as questões que nortearam o projeto de pesquisa e os principais procedimentos que foram planejados a fim de respondê-las. As questões básicas foram:

1. O que diz a literatura sobre atividades práticas com Sistemas Automáticos de Aquisição e Tratamento de Dados (SAATD) no ensino de Física?
2. É possível analisar, através da teoria da atividade de Leontiev, um ambiente de aprendizagem constituído a partir do uso de SAATD?
3. Como os estudantes avaliam as suas vivências em uma situação de aprendizagem com SAATD e o seu aprendizado nesse processo?
4. Em que medida as possibilidades apontadas na literatura se concretizam na realização de uma atividade prática de Física que utilize SAATD?
5. Que fatores dificultam a criação de oportunidades de aprendizagem em um ambiente escolar constituído por atividades práticas com SAATD?

Os procedimentos metodológicos planejados foram:

1. Realizar uma pesquisa bibliográfica para conceituar atividades práticas. Esse procedimento está relacionado à questão 1.
2. Conhecer como os SAATD têm sido utilizados em atividades práticas no ensino de Física. Esse procedimento está relacionado à questão 1.
3. Estudar a teoria da atividade de Leontiev, tentando verificar a possibilidade de utilizá-la no estudo de um ambiente de aprendizagem concebido a partir do uso de SAATD. Esse procedimento está relacionado à questão 2.
4. Realizar investigações exploratórias, em uma instituição federal de educação tecnológica, de situações de utilização de SAATD em contextos de desenvolvimento de projetos por estudantes bolsistas de Iniciação Científica Jr. Esse procedimento está relacionado às questões 3, 4 e 5.
5. Desenvolver uma observação participante nas aulas de Física de uma turma de primeira série do Ensino Médio Profissional em que serão desenvolvidas atividades com SAATD. Esse procedimento está relacionado às questões 3, 4 e 5.¹

Os procedimentos 1 e 2 foram realizados concomitantemente. Os estudos sobre atividade prática e sobre o uso de SAATD concretizaram as duas primeiras ações da atividade de pesquisa e seus resultados foram apresentados no capítulo de introdução. Já o procedimento 3 foi realizado ao longo de todo o processo, resultando em um diálogo constante entre teoria, método e dados empíricos.

A pesquisa teve início no primeiro semestre de 2007, dedicado ao planejamento e realização dos procedimentos 1 e 2. O Laboratório de Física do Ensino Médio

¹ Como já indicado na introdução, o procedimento 5 não foi realizado, devido a uma necessidade de se prolongar a investigação a respeito da situação exploratória. A justificativa para tal prolongamento será apresentada mais adiante, ainda neste capítulo.

Profissional da instituição federal em que se realizou a pesquisa dispunha de quatro sensores (de posição, força, pressão e som) que compunham os sistemas de aquisição de dados com os quais pudemos desenvolver a pesquisa. Esses sensores foram comprados pela Coordenação de Ciências e, para que fossem utilizados em aulas de Física para o Ensino Médio, careciam de estudos a respeito de suas condições de operação, dos limites e possibilidades de uso dos mesmos.

O Coordenador de Laboratório da Coordenação de Ciências, que exerceu também o papel de orientador desta pesquisa de mestrado, propôs, para início no segundo semestre de 2007, um estudo exploratório com esses sensores num projeto de Iniciação Científica Jr. O Programa de Bolsas de Iniciação Científica Júnior (BIC-Jr.) é um programa financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), em moldes semelhantes à Iniciação Científica de Ensino Superior, destinado, porém, a estudantes do Ensino Médio. Tem, portanto, como principal objetivo iniciar estudantes desse nível de ensino em atividades de pesquisa.

O projeto de BIC-Jr. teve início em agosto de 2007, com duração de um ano, tendo como orientador o Coordenador de Laboratório, que me deu a oportunidade de coorientar o projeto. A partir de agora chamarei de professor 1 a mim mesmo, como coorientador do projeto de BIC-Jr. e de professor 2 o Coordenador de Laboratório, como orientador do mesmo.

Os objetivos principais do projeto foram: elaborar e executar atividades experimentais utilizando aquisição automática de dados; sistematizar o conhecimento produzido de modo que ele possa ser compartilhado com estudantes

e professores; propor um domínio de aplicação para a aquisição automática de dados. Para alcançar esses objetivos, foi planejada a seguinte sequência de ações:

1. Estudo dos manuais dos sensores e da interface de aquisição e processamento dos dados que foram utilizados na execução dos experimentos.
2. Desenvolvimento de estudos experimentais exploratórios para a familiarização com os sensores.
3. Escolha de situações físicas a serem investigadas. A definição do número de situações dependeu da articulação ou não das variáveis que podem ser medidas com os sensores.
4. Formulação de um problema que envolvesse essas variáveis de forma articulada ou separadamente.
5. Elaboração de hipóteses sobre o comportamento das variáveis destacadas para estudo.
6. Montagem do experimento para abordar o problema e verificar as hipóteses elaboradas.
7. Realização do experimento e tratamento dos resultados processados pela interface.
8. Apresentação e análise dos resultados com a discussão das hipóteses propostas.
9. Elaboração de um conjunto de orientações que possibilitasse a repetição do experimento por estudantes e professores, assim como de questões que

possibilitassem a formulação de novos problemas a serem investigados com os dispositivos utilizados.

10. Produção de um diário de bordo para subsidiar a reflexão ao longo do processo do trabalho, a tomada de decisões e a elaboração do relatório final.

Os estudantes se candidataram ao referido projeto conhecendo previamente os seus objetivos e o plano de trabalho. Portanto, objetivos e plano de trabalho estavam pré-definidos e o fato de se candidatar para aquele projeto significava, em princípio, conhecimento e disposição em desenvolvê-los. O plano de trabalho era, entretanto, um ponto de partida para se organizar o trabalho, havendo no processo flexibilidade para sua modificação.

Os estudantes bolsistas foram selecionados mediante análise de histórico escolar e entrevista. Candidataram-se ao projeto em meio a uma diversidade de opções por outros projetos oferecidos por professores de diferentes Coordenações de Cursos Técnicos e de Áreas do Ensino Geral. Um dos bolsistas selecionados cursava a primeira série do Ensino Médio de uma escola da Rede Estadual de Ensino. O outro cursava a primeira série do Ensino Médio Profissional do Curso Técnico de Mecatrônica oferecido pela instituição federal na qual se desenvolveu a pesquisa.

A entrevista de seleção dos estudantes foi realizada por um terceiro professor que, juntamente com os professores 1 e 2, iniciou o projeto com os estudantes. Por razões de horário e disponibilidade, esse terceiro professor deixou de participar do projeto logo no seu início. A entrevista procurou avaliar o nível de interesse dos estudantes e sua disponibilidade. Embora apenas um dos professores tenha ficado responsável pela entrevista, os critérios foram compartilhados por todos os três professores participantes do projeto, que, ao final, deliberaram juntos sobre a

seleção dos candidatos, com base nas impressões daquele que realizou as entrevistas de seleção.

Para a realização desta investigação, portanto, constituiu-se uma equipe de quatro componentes: dois estudantes bolsistas de Iniciação Científica Júnior e dois professores pesquisadores. Essa equipe se reuniu regularmente para planejar e avaliar as ações do projeto de iniciação científica Jr. Um dos professores pesquisadores (professor 1) orientou sistematicamente os estudantes. O outro (professor 2) o fez apenas de forma eventual.

Adotaram-se como técnicas de levantamento de dados a observação participante, a realização de entrevistas com os bolsistas e o estudo de seus diários de bordo e relatórios. A unidade de análise foi o sistema de atividade constituído no desenvolvimento do projeto. Trata-se de um estudo de caso de tipo etnográfico, devendo-se levar em conta que certos requisitos da etnografia não foram cumpridos, como uma longa permanência do pesquisador em campo, o contato com outras culturas e o uso de amplas categorias sociais de análise de dados (ANDRÉ, 1999). O adjetivo participante, que qualifica a observação, expressa a interação necessária com a situação de pesquisa e a influência recíproca entre situação e observador. O professor 1, que realizou a observação participante, produziu um detalhado diário de bordo, discutido sistematicamente com o professor 2. Essa reflexão conjunta teve o papel de realimentar a orientação dos estudantes, fazer problematizações dos dados de pesquisa proporcionados pelo diário de bordo e referenciar os roteiros das entrevistas realizadas com os estudantes.

A análise dos diários de bordo e dos relatórios produzidos pelos estudantes teve como objetivo trabalhar com uma terceira fonte de dados que pudesse revelar as

suas visões, valores e os sentidos atribuídos ao processo vivido ao longo do desenvolvimento do projeto. Os dados obtidos com essas três fontes, uma vez contrastados, permitiram a produção de convergências, contrapontos e visões complementares sobre a situação investigada.

No primeiro dia de trabalho no projeto foi realizada a primeira entrevista com os estudantes. Assim como todas as outras realizadas durante este estudo, essa entrevista foi gravada em áudio e realizada de forma que parecesse mais uma conversa que um esquema de pergunta e resposta, visando quebrar o formalismo e deixar os estudantes mais à vontade para expressar suas visões.

O principal objetivo da primeira entrevista foi acessar os sentidos atribuídos pelos estudantes com relação ao trabalho em laboratório. Foi organizada uma lista de afirmações sobre esse tema, abordando aspectos como o papel do erro e da teoria, funções dos participantes de uma atividade de laboratório e concepções sobre metodologia científica (ANEXO A). Os estudantes analisaram essas afirmações, concordando ou discordando e comentando as que julgassem relevantes.

Depois, foi discutido com os bolsistas o planejamento inicial do projeto, para esclarecer qualquer dúvida que eles poderiam ter tido e frisar os pontos mais importantes. Logo depois dessa entrevista, foram apresentados aos estudantes os sensores do laboratório. Esse foi o primeiro contato entre estudantes e SAATD.

A primeira ação prevista no plano de trabalho (estudo dos manuais dos SAATD) foi logo posta em prática e os estudantes não demoraram na mesma. Partiram então para os estudos exploratórios com os SAATD e, para realizar essa ação, foi sugerido investigar a queda vertical de corpos com o sensor de posição, fenômeno considerado pelos professores como simples e não problemático.

Analisando o processo de realização dessa segunda ação (familiarização com os SAATD através de estudos exploratórios) por meio do diagrama do sistema de atividade (fig. 3), foram constituídos dois sistemas, sendo que, em cada um, um dos estudantes ocupou o lugar de sujeito (fig. 4). Esses sistemas de atividade foram analisados separadamente, tendo como foco de análise a unidade dialética sujeito-objeto (ROTH, 2004).



Fig. 4: Diagrama do sistema de atividade aplicado à atividade durante a realização da primeira ação. A contradição 1 expressa a dificuldade dos estudantes e dos professores orientadores em compreender as condições de funcionamento do sensor de posição. Já a contradição 2 está relacionada à construção da autonomia e formas de acompanhamento no processo de divisão de trabalho.

Nos sistemas de atividade de cada estudante (fig. 4), a comunidade foi constituída pelo outro estudante, pelos professores pesquisadores e por dois professores que cooperaram com o projeto como orientadores eventuais em alguns momentos específicos do trabalho. Na divisão de trabalho, foram consideradas as tarefas designadas a cada participante da atividade, segundo os objetivos e o plano de ação

do projeto, agenda semanal de ações e formas de acompanhamento. A forma de acompanhamento conferia aos estudantes, inicialmente, um alto grau de autonomia.

Depois de uma análise inicial dos dados coletados pelos estudantes na segunda ação do projeto, verificou-se a não conformidade dos resultados obtidos com os esperados para os valores de aceleração de queda de corpos. Isso determinou a orientação de que os estudantes investigassem as possibilidades de erro, as possíveis causas do resultado não esperado. Uma série de ensaios com o sensor de posição foi realizada com o objetivo de obter medidas que fossem interpretáveis a partir de movimentos cujos valores de aceleração ou velocidade pudessem ser antecipados: movimento em plano inclinado; movimento em plano horizontal; queda vertical de corpos com diferentes diâmetros. Todos esses ensaios foram desenvolvidos pelos estudantes com grande autonomia quanto aos procedimentos de montagem dos experimentos, realização e interpretação das medidas, que continuaram gerando resultados fora do esperado.

Foram identificadas no sistema de atividade duas contradições, como destacado na figura 4. A contradição 1 se constituiu entre a comunidade, o sujeito e os artefatos mediadores, pois nem o sujeito nem a comunidade conheciam as condições de operação do sensor de posição, utilizado nessa primeira ação de familiarização e, como ele não apresentou os resultados esperados, essa falta de conhecimento sobre o sensor se tornou problemática. Os estudantes não demonstraram engajamento compreensivo (no plano da atividade), realizando apenas o papel de executores de ações e operações (engajamento operacional).

A segunda contradição foi uma das consequências da primeira, pois, como os estudantes não se identificaram com o processo e não apresentaram engajamento

compreensivo, o grau de autonomia dado a eles se mostrou inadequado, visto que ficaram perdidos em alguns momentos, ou seja, a forma de acompanhamento estava em contradição com o sujeito no sistema da atividade.

A complexidade das condições de operação envolvendo o SAATD de posição fez com que o objeto da atividade fosse alterado. Da investigação de movimentos, passou-se à investigação das condições de uso do sensor de posição, concretizada, por exemplo, na realização de diferentes ensaios em que se mediu a distância do sensor a anteparos fixos, comparando a incerteza indicada pelo fabricante com os resultados obtidos. Isso gerou mudanças na estrutura do sistema de atividade (fig. 5), pois o SAATD, antes ferramenta de mediação, passou a ser objeto da atividade, na tentativa de sanar a contradição 1, que deixou de existir.



Fig. 5: Diagrama do sistema de atividade aplicado à nova atividade. A contradição 2 continuou existindo, mesmo depois das modificações na atividade.

A execução do plano de trabalho era discutida semanalmente, em reuniões entre o professor 1 e os estudantes. Os estudantes tiveram a opção de partir para o

desenvolvimento de experimentos com outros sensores, em vez de manter o trabalho com o sensor de posição. No entanto, concordaram com a mudança na estrutura do sistema tornando a ferramenta de mediação um objeto de estudo. Porém, tal encaminhamento não pareceu ter modificado as condições e relações dentro do sistema de atividade que resultasse em um engajamento compreensivo por parte dos estudantes. A contradição 2 continuou existindo após as modificações, pois a forma como a autonomia foi compreendida e construída dentro das formas de acompanhamento continuou sendo contraditória com o nível de engajamento apresentado pelos estudantes.

A segunda entrevista ocorreu após a apresentação dos primeiros resultados, depois de dois meses e meio de desenvolvimento do projeto, em um evento bianual da instituição federal aberto à participação de toda a comunidade escolar, no qual são apresentados trabalhos de pesquisa em diferentes níveis e modalidades, desde o Ensino Médio e Profissional até o Ensino Superior. Nessa entrevista, o objetivo foi observar quais aspectos os estudantes consideravam ter aprendido no processo e como determinados sentidos relacionados ao trabalho de laboratório se modificaram desde a primeira entrevista. O plano de tópicos a serem abordados na segunda entrevista foi o seguinte (André e Bia são nomes fictícios para os dois estudantes de BIC-Jr.):

- Como os estudantes entendem o papel da teoria na elaboração e desenvolvimento de um experimento depois desses primeiros meses de trabalho?

- Comentar a fala da primeira entrevista: O erro é importante e não deve ser descartado, pois é útil para aprender o que se tinha feito errado ou para incentivar a busca pela causa do erro.
- Comentar as falas da primeira entrevista: André: “Se alguma coisa dá errado, você só fica instigado a saber por que deu errado. Isso só anima mais”. Bia: “É, alguma coisa você aprendeu”.
- O laboratório é um bom lugar para aprender sobre recursos como interpretação de gráficos e instrumentos de medida?
- Discussão sobre erros em medidas – referenciada no trabalho de Marinelli e Pacca (2006):
 - Erros típicos de estudantes (um experimentador experiente teria medidas sem erros);
 - Diferença entre erros sistemáticos e aleatórios;
 - Importância de se fazerem várias medidas.
- Fazer uma comparação entre a experiência dos dois estudantes vivenciada no estudo dos sensores e a vivenciada em outras situações de atividades práticas.
- Como os estudantes discutiriam os seguintes procedimentos:
 - Usar as equações da queda livre para determinar aceleração com base em medidas de distância e tempo oferecidas por sensores;
 - Utilizar o gráfico para determinar a aceleração.
- Perguntar como determinar se a aceleração de queda é constante.

- Que aspectos indicam a qualidade do gráfico oferecido pela interface/sensor?
- Podem existir duas interpretações pro mesmo fato na natureza? Ou seja, mesmo olhando pra mesma coisa, duas pessoas podem chegar a conclusões diferentes?
- Os estudantes consideram que havia resultados suficientes para serem apresentados no evento, ou teria sido melhor aguardar outro momento?
- Os estudantes conseguem identificar algum resultado satisfatório produzido com o sensor?
- Foi perda de tempo identificar os limites do sensor?
- Como aferir a motivação atual dos estudantes?
- André comentou, em algum momento dessa primeira etapa de trabalhos, que estava ficando interessante. O que isso pode contribuir para os encaminhamentos futuros?
- O que os estudantes consideram como aprendizado resultante do processo?
- Como os estudantes avaliam o suporte e as orientações dadas a eles? Que papel atribuem a cada um dos professores? São capazes de diferenciar a atuação de cada um deles do projeto?
- Discutir a possível dificuldade em exercer a autonomia 'dada' a eles.

A terceira entrevista ocorreu no encerramento dos trabalhos do segundo semestre de 2007, no fim de dezembro, tendo-se completados cinco meses de trabalho. Procuraram-se criar nessa entrevista situações nas quais os estudantes: contassem a história do trabalho; falassem o que consideravam ter aprendido sobre os SAATD,

objetos da atividade; e analisassem novamente a lista de afirmações sobre o laboratório, buscando identificar semelhanças, diferenças e complementações em comparação com a primeira entrevista.

No dia da entrevista aconteceram imprevistos que dificultaram a realização do encontro. Os dois estudantes atrasaram por razões pessoais. André disse que ficou estudando para uma prova até tarde da noite anterior e não conseguiu acordar a tempo. Bia quis levar presentes aos professores do projeto e foi comprá-los, o que causou um grande atraso. Desconhecendo esses aspectos, o professor 2 reprovou o atraso, chamando os estudantes à responsabilidade, o que deixou Bia muito desapontada. A atitude do professor 2 pareceu afetar menos a conduta de André. A decisão dos professores foi de manter o planejamento para o encontro e realizar a entrevista antes mesmo de discutir os imprevistos que geraram os atrasos e as consequências dos mesmos.

Consideramos essa última entrevista como o fim da coleta de dados da investigação exploratória desta pesquisa. Avaliamos que tínhamos dados suficientes para passar ao quinto e último procedimento planejado, mas não sem antes analisar os dados coletados. Dessa maneira, deixei de orientar os bolsistas do projeto de BIC-Jr., que ficaram por mais seis meses (de Fevereiro a Julho de 2008) sob a orientação direta do professor 2.

A figura 6 mostra o planejamento inicial da pesquisa. Havia sido planejada uma análise de dados do estudo exploratório e, em seguida, seria realizado o procedimento 5 (desenvolver uma observação participante nas aulas de Física de uma turma de primeira série do Ensino Médio Profissional em que serão desenvolvidas atividades com SAATD).

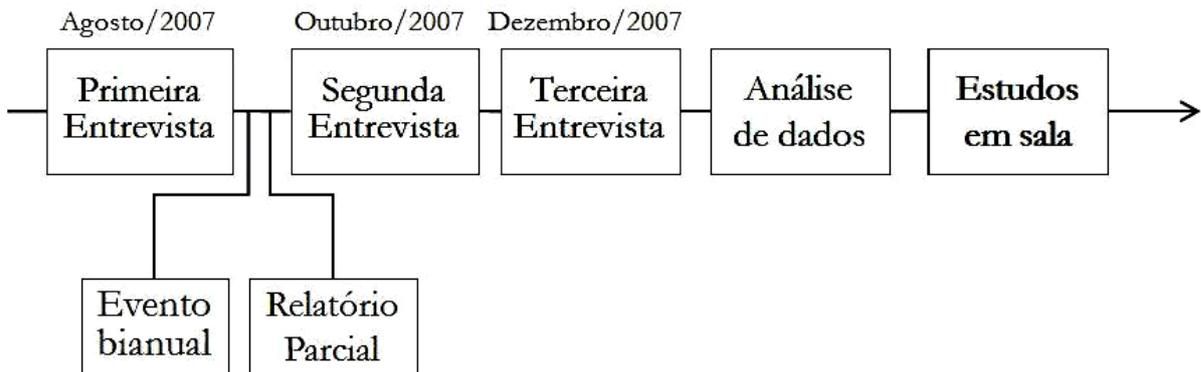


Fig. 6: Planejamento inicial do desenho da pesquisa.

Para analisar os dados das três entrevistas, foi feito, primeiramente, o exercício de ler o diário de bordo do professor 1, buscando destacar pontos relevantes, refletindo sobre o processo vivido, o diagrama do sistema de atividades (fig. 4 e 5) e as contradições identificadas na atividade até então. Essa releitura também foi feita com a preocupação de não deixar que dados relevantes fossem ignorados por não se enquadrarem nesses itens, ou seja, estar atento a qualquer dado novo que pudesse surgir, ou que não tivesse sido percebido anteriormente.

O objetivo da leitura do diário de bordo foi tentar criar categorias de análise que nos ajudassem a analisar as gravações das entrevistas. Durante a leitura, portanto, foi feita também uma tentativa de organizar, relacionar e refletir sobre os tópicos que foram surgindo. Depois de alguns exercícios de reelaboração, as categorias de análise resultantes foram:

1. Visão sobre o laboratório;
2. Visão sobre o erro;

Em que momentos esse tema foi discutido e como? Que evidências empíricas, para além do diário de bordo, temos a respeito?

3. Nível de engajamento;

Que elementos fundamentam a percepção de ausência de motivação registrada no diário de bordo do professor 1 após a primeira entrevista?

4. Autonomia;

5. Interação sujeito, mediação (SAATD e teoria) e objeto;

Avaliação sobre o funcionamento dos SAATD; utilização para monitorar experimentos simples; avaliação das respostas do sensor; utilização inadequada; interação superficial com o sensor de som; interação problemática no estudo de movimentos em planos horizontais e inclinados; interpretação dos dados sobre a queda de um corpo; avaliação dos resultados;

6. Oportunidade de aprendizagem;

Que elementos a caracterizaram?

7. Elementos do sistema de atividade;

8. Afetividade;

9. Logística.

Problemas inesperados com os computadores dificultando a continuidade dos trabalhos; disponibilidade da chave do laboratório de forma compatível aos horários de trabalho; conciliar tarefas de escola e do trabalho; definição clara de papéis.

Essas categorias foram criadas a partir dos dados observados e não tinham a pretensão de abarcar a todos. Ao fazer a primeira análise mais cuidadosa do conjunto de dados coletados, decidimos por não passar ao procedimento 5

(observar a utilização de SAATD em uma sala de aula), por julgar que a investigação exploratória suscitou questões e um volume de dados qualitativos que justificavam a continuidade do estudo dos casos constituídos pelos estudantes bolsistas.

Foram planejadas e executadas, então, mais duas entrevistas com cada um dos estudantes de BIC-Jr., para que pudéssemos ter dados de como o projeto se desenvolveu. A figura 7 mostra o novo planejamento da pesquisa, considerando as novas escolhas para o desenho metodológico da mesma. Além da entrega de mais um relatório parcial e de um relatório final, foi prevista também a realização de uma aula com base em um roteiro de experimento criado por um dos estudantes em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio Profissional da instituição federal.

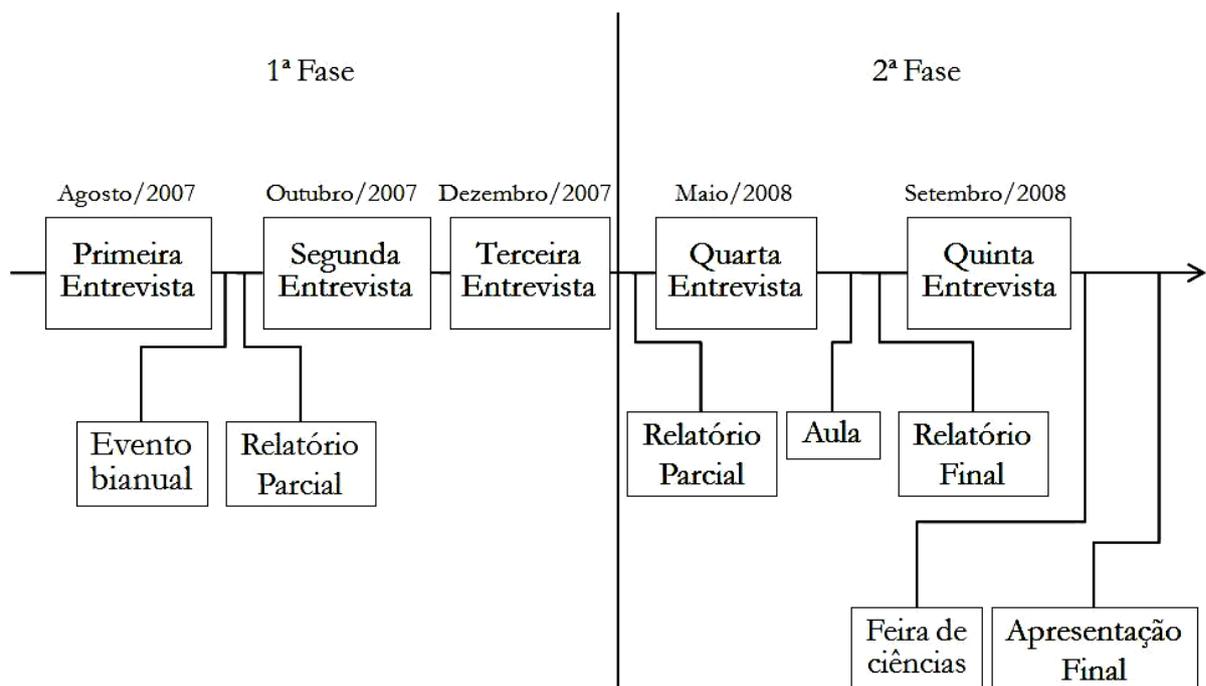


Fig. 7: Novo desenho metodológico da pesquisa. Foram planejadas mais duas entrevistas com os estudantes de BIC-Jr. Além da entrega de mais um relatório parcial e de um relatório final, foi prevista a aplicação de uma aula com base em um roteiro de experimento criado por um dos estudantes em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio Profissional da instituição federal.

Na segunda metade do projeto de BIC-Jr., os planos de trabalho dos estudantes se diferenciaram. André se dedicou a explorar os sensores de pressão e som. Bia

continuou com a tarefa de desenvolver um experimento com o sensor de posição e outro com o sensor de força.

Fizemos também uma entrevista com um novo professor (professor 3), que passou a fazer parte do projeto e, juntamente com o professor 2, orientou Bia durante quatro meses dessa segunda metade do projeto. Todas essas entrevistas foram planejadas tendo como base: o processo vivido no estudo exploratório; a teoria da atividade, com ênfase no diagrama do sistema de atividade; e as categorias de análises criadas a partir dos dados coletados anteriormente.

Os destaques e transcrições gerados nessas duas últimas entrevistas foram confrontados com os dados da entrevista com o professor 3 e, também, nas reuniões de orientação, com as percepções do professor 2, que exerceu ao mesmo tempo os papéis de orientador da pesquisa de mestrado, ora relatada, e dos projetos de Iniciação Científica Jr. dos estudantes bolsistas. No caso das três primeiras entrevistas, os dados obtidos foram contrapostos aos registros realizados no diário de bordo do professor 1 e nos diários de bordo dos estudantes.

A entrevista com o professor 3 ocorreu em Maio de 2008, quatro meses depois da volta aos trabalhos no ano de 2008. Ela teve como objetivo principal considerar as possíveis contribuições da visão de um terceiro professor no processo, com mais ênfase no sistema da atividade de Bia, sua orientanda direta. O plano de tópicos abordados na entrevista com o professor 3 foi o seguinte:

- Objetivos do projeto de Bolsas de Iniciação Científica Jr.
- Avaliação dos sensores – Ações e operações.

- As possibilidades apontadas na literatura são verificadas na prática com os SAATD?
- Aplicabilidade no contexto escolar.
- Aprendizado de Bia (quais tipos de aprendizado?)
- Bia se desenvolveu? Em que aspectos?
- O que foi estudado com os sensores?
- Os sensores seriam mais bem caracterizados como objeto de estudo ou como ferramentas de mediação?
- Quais são as facilidades e dificuldades de orientar?
- O diário de bordo dos estudantes é útil? Importante? Como é utilizado?
- De que forma você tem feito o acompanhamento até agora?
- É preciso alguma modificação na forma de acompanhamento na parte final do projeto?
- Como está o engajamento de Bia? Houve mudanças durante o tempo em que ela esteve sob sua orientação?
- Qual o nível de compreensão, para a Bia, do significado da atividade?
- Como foi sua inserção no projeto?
- Contar o histórico do projeto no ano.
- O projeto causa desequilíbrios e construções na visão de erro dos estudantes?

- E especificamente no caso de Bia?
- Caracterizar as experiências de orientação de laboratórios anteriores em comparação com o trabalho com Bia.
- Como é a interação de Bia com os sensores?

A quarta entrevista com os estudantes ocorreu na mesma época, em Maio de 2008. Diferentemente das três primeiras entrevistas, essa foi realizada com cada um dos estudantes separadamente, mas com os mesmos tópicos a serem discutidos, pois julgamos interessante comparar as respostas de cada um para o mesmo tópico ou pergunta. A quarta entrevista teve como principais objetivos: que os estudantes contassem a história do processo a partir de Fevereiro de 2008, momento em que deixei a orientação do projeto; buscar dados sobre motivos e níveis de engajamento dos estudantes; buscar dados a respeito das ações e operações realizadas pelos estudantes e a visão deles a respeito das mesmas. O plano de tópicos abordados na quarta entrevista foi o seguinte:

- Narrativa do projeto desde o início de 2008.
 - O que você esperava ao entrar no projeto? O que você espera agora?
 - O que mudou quanto à orientação que você recebe?
 - Quanto ao seu trabalho?
 - Quanto aos resultados obtidos?
 - Depois de tudo, qual a sua visão sobre a aplicabilidade dos sensores?
 - Os SAATD foram utilizados para estudar algum fenômeno? (Ele voltou a ser mediação?)

- O que se aprendeu sobre o fenômeno estudado com os SAATD?
 - O que foi objeto de estudo para você nesse período?
- Comparar novamente o trabalho no projeto de BIC-Jr. e laboratórios escolares.
 - Em que é diferente?
 - O que é melhor?
 - O que é pior?
 - Como se lida com o erro em cada uma das situações? Por que você acha que existe essa diferença?
- Bia entende mais as ações e operações do processo? Se sim, o que mudou? (tópico específico da entrevista com Bia)
- Perguntar diretamente: por que você está participando do BIC-Jr? Que motivação você tem?
- O que você ganha ou perde participando do BIC-Jr? No fim das contas, vale a pena?
- O que é legal e o que é chato de fazer aqui?
- Ainda há dificuldades para salvar dados, fazer medidas, montar experimentos, problemas com chaves, etc. que atrapalhem o andamento do projeto?
- Que outros artefatos, além dos SAATD, foram utilizados na atividade (objetos de laboratório, livros)?

- Como está o diário de bordo? Alguma modificação no modo de preenchimento ou algo do tipo desde o ano passado?
- É útil para o seu trabalho escrever o diário de bordo? Você o relê? Em que momentos?
- Teve alguma ação que você fez sem entender porque estava fazendo?
- Teve alguma coisa que você quis fazer, mas que, por algum motivo, não foi possível?

A quinta e última entrevista com os estudantes ocorreu em setembro de 2008, pouco mais de um mês após o fim do trabalho. O programa de BIC-Jr. exige que todos os projetos sejam apresentados na Semana de Ciência e Tecnologia que ocorre anualmente em instituições federais de ensino. Os estudantes estavam, portanto, preparando essa apresentação. Os dois estudantes haviam inscrito seus trabalhos na II FECEB-MG², foram aprovados para participação e, por isso, estavam também se preparando para essa participação.

A quinta entrevista teve como objetivos principais: narrar o ocorrido na fase final dos trabalhos; buscar dados a respeito do que foi aprendido dos processos físicos estudados e a respeito da visão de erro dos estudantes; buscar também dados a respeito da visão dos estudantes sobre o processo, com base nas categorias de análise criadas e na teoria da atividade. Essa entrevista foi, assim como a quarta, realizada com cada estudante separadamente, mas, enquanto aquela teve os

² A Feira de Ciências da Educação Básica de Minas Gerais (FECEB-MG) é um evento anual organizado pelo Centro de Difusão da Ciência da Universidade Federal de Minas Gerais (CDC-UFGM), onde são apresentados trabalhos desenvolvidos por estudantes do Ensino Médio de todo o estado de Minas Gerais, tanto da rede pública quanto da rede privada. Há um processo de inscrição e aceite para participação na feira, que, em 2008, estava em seu segundo ano de realização.

mesmos tópicos de discussão, essa teve alguns tópicos de discussão específicos para cada estudante, da seguinte forma:

Tópicos de discussão planejados para a quinta entrevista com André:

- Contar a história da fase final do projeto (de maio a agosto de 2008). Atenção nos processos de sistematização e comunicação do conhecimento.
 - Lembrar a ele o que ocorreu desde o início do ano até maio: você começou esse ano trabalhando com o sensor de pressão, estudando a pressão dentro de uma seringa. Você teve inclusive que considerar o escapamento do ar. Depois você passou para o sensor de som. Primeiro você estudou sobre ondas sonoras e, até a época da última entrevista, você só tinha feito os primeiros ensaios com um violão desafinado.
- Perguntas sobre os fenômenos estudados, procurando avaliar o nível de compreensão desse objeto de estudo.
 - Você me disse que estava trabalhando com um violão desafinado. Você sabe qual grandeza está relacionada à afinação musical? Quando você tenta afinar o violão, apertando ou afrouxando aquele parafuso, por que o som da corda muda? E quando você aperta algum lugar da corda?
 - De que depende a frequência de vibração da corda de um violão?
 - No caso do experimento da seringa, em que condições pode-se afirmar que o produto pressão x volume permanece constante?

- Quais são os passos para se determinar a massa de gás dentro da seringa investigada com o sensor de pressão?
- Que fatores interferem no comportamento da pressão em função do tempo no estudo desenvolvido com o sensor de pressão?
- Como calcular a taxa de escapamento de gás da seringa?
- Que fatores interferem nessa taxa de escapamento?

Tópicos de discussão planejados para a quinta entrevista com Bia:

- Contar a história da fase final do projeto (de maio a agosto de 2008). Atenção nos processos de sistematização e comunicação do conhecimento.
 - Lembrar a ela o que ocorreu desde o início do ano até maio: separação dos dois bolsistas. Ajuste do experimento com o sensor de posição. Você foi trabalhar com o professor 3, começando com o sensor de força para o estudo do pêndulo. Testaram o sensor de força e descobriram que ele estava com defeito. Você aprendeu a trabalhar no *Kaleidagraph*³ e foi estudar o atrito de duas caixas num plano inclinado. Com isso, você fez uma proposta de aula para outros estudantes estudarem também o atrito entre superfícies em um plano inclinado. Chegou, então, o sensor de força novo e, depois de testá-lo, você voltou a estudar o pêndulo. Porém, ‘deu errado’ por causa do ganchinho, que estava balançando. Fizeram então um estudo sobre o movimento de um objeto preso a uma mola com o sensor de força. Por fim, retomando o trabalho com o sensor de posição, o professor 2 te

³ O *Kaleidagraph* (Copyright © Synergy Software, 2007) é um programa de computador que traz a possibilidade de analisar dados e fazer ajustes matemáticos de curvas.

pediu para refazer a proposta de aula e para procurar outra esfera (a de madeira), pois só havia a de metal para o estudo da queda livre.

- Perguntas sobre os fenômenos estudados, procurando avaliar o nível de compreensão desse objeto de estudo:
 - Mostrar a Bia um vídeo disponível na internet (FEATHER, 2009) do astronauta que foi para a Lua e levou uma pena e um martelo para testar se o martelo caía antes que a pena. Antes de mostrar o fim do vídeo, perguntar: o que você acha que aconteceu (considerando a aceleração da gravidade da Lua igual a $1,6\text{m/s}^2$)? Mostrar o fim do vídeo e discutir o que aconteceu. E se fosse em Júpiter (considerando a aceleração da gravidade de Júpiter igual a $26,4\text{m/s}^2$)?
 - De que depende o tempo de queda vertical dos objetos investigados com o sensor de posição?
 - Pode-se afirmar que a aceleração desses objetos não depende de sua massa?
 - De que grandezas depende o período do oscilador massa-mola?
 - Se a massa oscilante for substituída por outra de maior valor, o período aumenta ou diminui? Se dobrar a massa, o período dobra?
 - Uma mola dura apresenta maior ou menor período? Que grandeza mede a dureza da mola? Se a constante elástica da mola for reduzida à metade, o período é dividido por dois?

Tópicos de discussão comuns a ambos os estudantes planejados para a quinta entrevista

- O processo de orientação do projeto foi suficiente para se atingirem os objetivos propostos? Em que ele foi falho? O que o dificultou? Onde ele contribuiu?
- Quais foram os conhecimentos adquiridos por você desde o início do projeto? O que você aprendeu?
- Agora que o projeto terminou, qual a sua visão sobre o domínio de aplicação (aplicabilidade) dos sensores?
- Discussão sobre o erro – referenciada em Rodrigues (2008).
 - Imagine uma rampa, como um tobogã, só que para uma bolinha descer. Se uma bolinha for solta nesse tobogã, ela vai descer e sair dele, batendo no chão em algum lugar. Se a bolinha for solta de novo, ela vai bater no mesmo lugar do chão? (desenvolver a ideia com mais perguntas, dependendo das respostas deles. Por fim, chegar à transposição para a experiência vivida no projeto). As respostas dadas às questões sobre o experimento da rampa têm alguma relação com as experiências desenvolvidas com os sensores? Você consegue perceber algo parecido com isso nos experimentos que você realizou?
- Você sentiu falta de alguma coisa no projeto? Ou gostaria que algo tivesse acontecido de maneira diferente? Ou algo que você gostaria de ter feito e não fez? Enfim, se fosse possível, o que você mudaria no seu processo?

- Os resultados do trabalho que você desenvolveu trazem alguma contribuição? Qual? E para a sua formação especificamente?
- Os sensores foram instrumentos de medida ou objetos de estudo?
- Quais eram as regras do trabalho? Discussão a respeito da importância e pertinência de cada uma.
- Você acha que o diário de bordo foi útil? Dá muito trabalho? Você acha que valeu a pena escrevê-lo ou ficou com a sensação de que gastou tempo demais nele?
- Quais foram as fontes de informação conceitual que você utilizou (internet, livro didático, professor)? Como foram usadas? Quando e pra atender que tipo de problema?
- Expectativa para a apresentação na Semana de Ciência e Tecnologia.
- Expectativa para a apresentação do trabalho na II FECEB-MG.
 - Está animado?
 - Arrependeu-se de ter inscrito?
- Que interações vocês estabeleceram no desenvolvimento do projeto que levaram à produção de conhecimento? Lembrar os contatos com o fabricante dos sensores para sanar dúvidas sobre especificações e, no caso de Bia, solicitar a troca do sensor de força, que viera com defeito.
- Quais foram os participantes efetivos do projeto? (explicitar) O desenvolvimento do projeto foi dado em um contexto mais amplo. Que contexto foi esse? Que outras pessoas foram envolvidas na atividade? Como

elas influenciaram no trabalho? Criaram obstáculos, colaboraram, interferiram? Como você acha que o projeto influenciou essas pessoas?

- Você se sente autor desse trabalho? Onde está a sua contribuição específica?

Depois de realizar a quinta entrevista com os estudantes, analisamos todos os dados coletados tanto com as entrevistas quanto com os diários de bordo e relatórios. Os resultados e análises serão apresentados no capítulo a seguir.

A releitura dos tópicos das entrevistas e sua inclusão neste capítulo relativo à metodologia da investigação, ou seja, o ato de escrever este relatório de pesquisa fez emergir a seguinte compreensão sobre a narrativa da investigação. Fica claro o movimento de situar o SAATD como um artefato mediador dentro de um sistema de atividade. As possíveis contribuições desse artefato foram compreendidas por meio das relações entre os participantes do sistema de atividade, nas quais o SAATD estava inserido como um componente do sistema de atividade.

A questão de pesquisa 5 (Que fatores dificultam a criação de oportunidades de aprendizagem em um ambiente escolar constituído por atividades práticas com SAATD) foi resignificada pela Teoria da Atividade, que nos levou a buscar as possíveis contribuições desse artefato dentro de um sistema de atividade. Dela, portanto, se desdobrou uma série de outras questões relativas aos elementos e à dinâmica de evolução do sistema de atividade, cuja análise será apresentada no capítulo que segue.

4 Resultados e análises

A primeira fase do projeto, quando foram estudados os princípios de funcionamento e as condições de operação do sensor de posição, foi realizada em conjunto pelos dois bolsistas, André e Bia. Na segunda fase, as atividades dos bolsistas se diferenciaram: os estudantes passaram a trabalhar separados, sendo que cada um ficou responsável por dois dos quatro sensores disponíveis no laboratório. Essa separação não implicaria necessariamente em diferenças nas atividades dos dois, mas as diferenças foram evidentes com relação a como cada um se envolveu e como cada atividade se desenvolveu. Devido às diferenças evidenciadas nas atividades de André e Bia, os dois casos serão apresentados separadamente.

Para a análise de dados, foram utilizadas as categorias apresentadas no capítulo de metodologia. Porém, no decorrer da análise dos dados, foi percebida a possibilidade de reagrupá-las e as categorias passaram de nove para três. As categorias 1 (visão sobre o laboratório) e 2 (visão sobre o erro) foram agrupadas na **categoria A: sentidos atribuídos pelos estudantes a aspectos de uma atividade prática**. As categorias 3 (engajamento), 4 (autonomia) e 8 (afetividade) foram agrupadas na **categoria B: níveis de engajamento**. As categorias 5 (interação sujeito, mediação e objeto), 7 (elementos do sistema de atividade) e 9 (logística) foram agrupadas na **categoria C: interações entre sujeito e objeto**.

Os dados da categoria 6 (oportunidades de aprendizagem) foram redistribuídos nas outras categorias, pois não houve entre os mesmos ligação suficiente para justificar seu agrupamento, além de que todos os dados dessa categoria se encaixaram bem

em alguma outra. Entendemos que as oportunidades de aprendizagem permearam todas as categorias anteriormente identificadas, ou seja, foram criadas oportunidades de aprendizagem em todos os aspectos identificados como relevantes para o desenvolvimento da atividade.

Tentaremos, além de mostrar os aspectos relevantes para a constituição de oportunidades de aprendizagem na atividade com SAATD, verificar quais das possibilidades apontadas pela literatura se concretizaram. Por isso, relembramos aqui as doze possibilidades criadas pela utilização de SAATD em atividades práticas identificadas em trabalhos anteriores:

1. Facilitar a coleta e a repetição da coleta de dados, reduzindo o tempo gasto e aumentando a quantidade de dados obtidos e analisados;
2. Favorecer que os estudantes dediquem mais tempo à formulação do problema da atividade ou à discussão dos resultados obtidos;
3. Permitir o desenvolvimento de certas habilidades como utilizar alguns programas de computador, trabalhar com o SAATD, fazer cálculos estatísticos, construir e interpretar gráficos, entender erros aleatórios e sistemáticos, etc.;
4. Aproximar o estudo da Física à realidade estudada, por trabalhar com dados produzidos a partir de experimentos reais;
5. Possibilitar a coleta de dados de fenômenos rápidos, como os que acontecem em frações de segundos, o que seria inviável manualmente;
6. Facilitar a alteração das condições de contorno para checar hipóteses;

7. Possibilitar o estudo de fenômenos complexos como os que envolvem grande número de variáveis, permitindo um controle maior da prática pelos estudantes;
8. Promover a coleta de dados em tempo real, o que permite a alteração imediata do plano de investigação, caso o estudante julgue necessário;
9. Propiciar maior precisão e confiabilidade das medidas obtidas;
10. Promover a interação dos estudantes com tecnologias envolvendo o computador e a inclusão digital;
11. Permitir que o estudante realize atividades mais parecidas com as realizadas em um laboratório de pesquisa em Física;
12. Desenvolver o pensamento crítico e criativo do estudante.

Nas transcrições, **A** se refere a André, **B** a Bia e **P** se refere ao professor 1, que realizou as entrevistas.

4.1 O caso de André

4.1.1 Categoria A: sentidos atribuídos pelos estudantes a aspectos de uma atividade prática

- **Motivação e concepções iniciais**

André já havia cursado a primeira série do Ensino Médio em uma escola da rede estadual e estava cursando, no ano de sua entrada no projeto, novamente a primeira série, mas do curso de Mecatrônica. Ele se inscreveu no programa de BIC-Jr. porque várias pessoas disseram a ele que era importante aproveitar as oportunidades que a instituição federal oferece. Conversou com um colega que participara de um programa semelhante em outra instituição e se interessou. Além do mais, o primeiro ano seria o ano em que a carga horária dele no curso seria menor. André deu preferência ao projeto de sensores porque era relacionado à área de mecatrônica e porque gostava muito de Física.

Na primeira entrevista, André se mostrou participativo, mas pouco entusiasmado com o projeto. As falas dele na entrevista evidenciaram que ele percebia uma ligação entre o conhecimento escolar e as situações práticas do cotidiano e que ele considerava o papel da observação fundamental numa investigação. Também houve evidências de que ele considerava que o erro não deveria ser descartado, pois se pode aprender com procedimentos incorretos.

André apresentava certo domínio das operações necessárias para conduzir a atividade. Mesmo trabalhando junto com Bia, era ele quem entendia o que estava sendo feito, apesar de não demonstrar verdadeiro interesse pela prática. Ele relatou que a primeira ação do projeto (estudo dos manuais dos sensores e da interface de

aquisição e processamento de dados) foi demasiadamente fácil, a ponto de desmotivá-lo.

- **Relação teoria – prática**

André disse, na primeira entrevista, que achava que havia uma relação entre o conhecimento teórico e as atividades práticas ou cotidianas. Porém, ao longo da atividade no projeto, ele foi demonstrando certa dificuldade em trabalhar com situações abstratas. Isso fez com que ele modificasse sua visão, chegando a dizer, na terceira entrevista, que “o problema de Física da escola é isso: você estuda muita coisa que você não vê na verdade. Ah, desprezando o atrito... Mas você nunca vai ver um negócio que despreze o atrito. Entendeu? Por isso que é ruim, é difícil”.

- **Conhecimentos relacionados a erros de medida**

As concepções de André sobre o erro em laboratório mostraram uma evolução não linear ao longo da atividade. Houve momentos em que ele demonstrou um conhecimento razoável a respeito da teoria de erros e outros em que ele pareceu trabalhar com o senso comum.

Na segunda entrevista, André disse que pensava, assim como ele havia dito na primeira entrevista, que o erro é importante e deve ser considerado no trabalho. Num outro tópico da conversa, ele disse que já tinha passado por outras atividades práticas, muito diferentes da realizada no projeto, pois era “só fazer o que tinha que fazer”, nas palavras dele. O professor 1 perguntou o que aconteceria se eles tivessem algum problema e ele disse que não era para ter problema porque era uma coisa simples. Se tivesse problema, perdia ponto. Ainda na mesma entrevista, o professor perguntou se, ao fazer medidas com sensores confiáveis, haveria ainda assim um erro no valor da aceleração. André disse que vai ter um erro, pois o sensor

já tem um erro. Professor: “E se a gente medisse com régua e cronômetro?”. André: “la ter erro também!”.

O fato de André ter considerado que não era para ter erro num experimento simples se contrasta com o que ele havia dito antes, de que o erro precisava ser considerado e também com o que ele disse depois, que os erros são intrínsecos do processo de medida. A partir daquela fala, torna-se inadequado supor que ele sabia que todo ato de medir traz um erro intrínseco. Uma interpretação possível é que ele pensava que, caso algum erro aparecesse, deveria ser considerado. Na terceira entrevista, surgem mais evidências nesse sentido, quando foram discutidos erros de medida e observação. André discutiu bem e apresentou argumentos interessantes, o que pode ser um sinal de aprendizado, mas continuou tendo falas incoerentes.

Na quarta entrevista, André mostra sinais de aprendizado com relação a erros de medida, quando justifica que os resultados obtidos com o sensor de pressão foram bons devido ao erro de 3% nas medidas, que está dentro do previsto pelos fabricantes do sensor. Na mesma entrevista, ao comparar o laboratório de BIC-Jr. com os laboratórios do curso de Mecatrônica, André diz que é muito diferente, pois lá ele só chega e faz o que tem que fazer. Logo em seguida, ele adiciona que “lá dá problema também!”. Pedi para ele explicar o problema e ele deu exemplos de que se o relé está queimado, aí não funciona e isso pode tomar tempo para ser descoberto; ou se o *protoboard*⁴ está queimado também.

Na quinta entrevista, foi proposto um experimento mental baseado em Rodrigues (2008) para discutir os conceitos de erro sistemático, erro aleatório e condições de contorno. Segue a transcrição:

⁴ Matriz de contato, ou *protoboard* em Inglês, é uma placa com furos condutores utilizada para montagem de circuitos elétricos.

1. *P – Vamos supor uma rampa, igual a um tobogã, mas para uma bolinha, tá? Essa rampa desce e aí ela tem uma curvinha aqui pro lançamento da bolinha, ok? E aí a bolinha vai descer a rampa, vai ser lançada e vai cair no chão em algum lugar, ok? Aí eu vou, solto a bolinha aqui da rampa, ela vai descer e bater lá no chão e eu marco lá no chão o lugar que ela bateu. Se eu soltar de novo, ela vai bater no mesmo lugar?*
2. *A – Depende porque você não tem uma precisão de como você vai soltar a bolinha. Às vezes se você soltar a bolinha você dá uma energia maior, uma força maior nela que dá maior velocidade.*
3. *P – Se eu conseguir então repetir toda a minha situação anterior, soltar da mesma altura, não é isso que você está falando? Soltar do mesmo jeito, talvez arrumar um largador pra soltar a bolinha, aí ela vai bater sempre no mesmo lugar?*
4. *A – É difícil de afirmar isso, né? Mas, se for nas mesmas condições sempre, não vejo porque não...*
5. *P – É, então quais são as condições que a gente tem que observar? O quê que influencia na queda da bolinha?*
6. *A – Nossa, é muita coisa que eu pensei aqui agora...*
7. *P – É muita coisa assim?*
8. *A – É, não, o fator vento, a altura, o escorregador como é que está, a bolinha como é que está [referindo-se às condições de irregularidades nas superfícies da esfera e da rampa], tamanho, peso...*
9. *P – Então você acha que tem um monte de fonte de erro aí.*

10. A – *Uhm hum [afirmando].*
11. P – *Então, mesmo eu tentando minimizar essas fontes de erro, se eu fizer um experimento vinte vezes...*
12. A – *Acho que você pode aproximar bem.*
13. P – *É... Aí eu vou acertar vinte vezes o mesmo lugar?*
14. A – *Não. Porque você com certeza vai ter erro.*
15. P – *Vou ter erro na medida...*
16. A – *Uhm hum [afirmando].*
17. P – *Entendi. E se eu tiver um experimento de alta precisão, com mecanismos de alta precisão e essa coisa toda. Aí eu vou fazer o experimento cem vezes. Eu vou ter cem vezes o mesmo número de lugarzinho lá que ele bateu?*
18. A – *Não, não tem como.*
19. P – *Não tem como?*
20. A – *Não tem como. Você medir igual? Acho que não tem como não. Pouco, pouco, mas... Você chega a melhorar a sua precisão, mas cem por cento não tem como não.*
21. P – *Por menor que seja o seu erro, sempre tem um erro?*
22. A – *Sempre tem um erro.*
23. P – *Você acha que essas respostas que você me deu têm a ver com a experiência que você desenvolveu com os sensores?*

24. A – *Com certeza!*
25. P – *Em que medida? Em que sentido?*
26. A – *Ah, pelos problemas que eu tive ao longo do processo e mesmo estando tudo igual, às vezes uma medida que você fazia igualzinho, um minuto depois dava diferente.*
27. P – *E isso foi levado em consideração, assim, tentar minimizar o erro, essas coisas, isso tudo foi feito?*
28. A – *Foi.*
29. P – *E considerar o erro, vocês consideraram o erro no resultado?*
30. A – *Consideramos, igual o resultado foi considerado bom, bom mesmo porque tem o erro da visão, lá porque... A seringa mesmo é só de um em um milímetro que varia e o erro de você olhar assim, no caso, certo assim [fazendo o gesto de observar um valor na escala de uma seringa] aí foi considerado. Por isso que foi bom o erro de 3%.*

André demonstra na quinta entrevista ter conhecimentos mais sólidos a respeito de erros de medida. Pode-se inferir que houve uma evolução no conceito de erro para André, mas que essa evolução foi não linear.

4.1.2 Categoria B: níveis de engajamento

Os níveis de engajamento dos dois estudantes foram diferentes em toda a atividade. André se mostrou mais interessado, mais envolvido e compreendendo mais os processos realizados do que Bia, se aproximando mais de um nível de engajamento compreensivo. Apesar disso, em alguns momentos pode ter realizado operações

mecanicamente ou não ter tido interesse pessoal no que estava realizando, o que nos permite supor que ele não chegou a um nível de engajamento compreensivo, apenas mantendo certa proximidade.

- **Relação com o aprendizado**

Foi perguntado a André o que ele considerava ter aprendido em diferentes momentos da atividade. Na segunda entrevista, ele não respondeu a pergunta, ficando calado mesmo quando o professor 1 deu o exemplo de ter aprendido mais sobre análise de dados com o auxílio de programas de computador. Na terceira entrevista, ele se limitou a dizer que aprendeu muito no projeto, mas não conseguiu dar exemplo do que ele aprendeu.

Na quarta entrevista, André disse que, ao entrar no projeto, esperava aprender sobre o funcionamento mecânico dos sensores, mas não foi o que ele aprendeu; aprendeu mais sobre Física. Porém, ele acha que esse aprendizado foi proveitoso, inclusive dando um exemplo de uma curiosidade que o fez discutir com professores e colegas do curso de Mecatrônica: se o sensor reflete ultrassom, como é possível utilizar o sensor para fazer uma ultrassonografia?

Na quinta entrevista, André disse que acreditava ter aprendido sobre conceitos físicos a ponto de esse conhecimento ser útil nas aulas. Outro aprendizado que ele destacou foi o amadurecimento profissional de cumprir regras, horários, etc.

O silêncio de André na segunda entrevista pode ser interpretado como indicador de ausência de engajamento compreensivo, pois eles não manifestaram nenhuma reação apontando que pensavam ter aprendido qualquer coisa durante o trabalho, mesmo que não soubessem citar qualquer exemplo de aprendizado no momento. Na quarta e na quinta entrevistas, porém, André consegue identificar alguns pontos em

que houve aprendizado, o que mostra que o nível de engajamento dele foi se aproximando do nível compreensivo.

- **Visão positiva sobre a escolha de permanecer com o sensor de posição**

Na segunda entrevista, depois de discutir o relatório parcial com os estudantes, o professor 1 perguntou o que eles pensavam sobre a escolha de ter insistido na investigação com o sensor de posição ao invés de começar o trabalho com os outros sensores. André disse ter sido uma boa escolha, pois poderia não ter sido tão interessante ficar estudando fenômenos com os sensores funcionando. Ele considerou valioso o estudo de um sensor que a princípio não respondeu como o esperado. Porém, ele disse que não foi divertido.

Nas outras entrevistas subsequentes, André demonstrou continuar com essa opinião e demonstrou identificação com as escolhas feitas no decorrer do processo. Ele considerou que o caminho seguido foi o mais interessante, mas, ao mesmo tempo, deu sinais de que identificar-se com as escolhas não é suficiente para garantir satisfação no desenvolvimento do trabalho, ao dizer que não foi divertido.

- **Desgosto de realizar procedimentos sistemáticos**

Na terceira entrevista, André comentou que a primeira ação do projeto era muito fácil e que as medidas sistemáticas são chatas de fazer. Esse depoimento se relaciona com o que ele falou na quarta entrevista. Ao ser questionado se houve alguma mudança no que eles fizeram antes para o que ele fazia na época da quarta entrevista, André respondeu que estava bem diferente. Antes, ele saía medindo, sem pensar; depois, ele pensava os vários caminhos, prestando atenção ao que poderia estar errado. Ele também falou que “a parte legal do trabalho dele é quando

já tem os resultados prontos para analisar. A parte chata é fazer as medidas sistemáticas”.

A ação inicial de familiarização com os sensores e as operações para realizar essa ação não suscitaram em André engajamento compreensivo. Ele se engajou em executar a ação e suas operações, sem compreender a real necessidade das mesmas. Com o avanço da atividade, André passa a se preocupar com as condições iniciais do experimento, o que demonstra compreensão sobre o processo de medidas e uma aproximação maior do nível de engajamento compreensivo.

- **Grau de autonomia**

Ao falar da orientação recebida dos professores do projeto, relacionando principalmente à autonomia dada aos estudantes, André disse na terceira entrevista que, se eles tivessem criado a ideia e elaborado o projeto, o grau de autonomia seria adequado. Porém, como eles entraram num projeto pronto, que já tinha a estrutura e objetivos pré-determinados, o grau de autonomia conferido a eles foi excessivo.

Na quarta entrevista, André disse que esperava algo totalmente diferente do que ele encontrou no projeto. Ele esperava que dissessem a ele o que fazer e ele faria, não que deixassem um problema para ele resolver. Ele disse que isso foi uma dificuldade, mas que com o tempo vai melhorando, à medida que ele vai aprofundando o conhecimento. Disse também que o trabalho na segunda fase do projeto estava mais fácil porque ele encontrava o professor 2 todos os dias de trabalho, sendo que antes eles só se encontravam uma vez por semana.

Nesse depoimento, André indica ter uma avaliação de que o grau de autonomia dado a ele foi se adequando à atividade que ele realizava. Vários fatores contribuíram para tal adequação: o grau de autonomia foi realmente repensado, ou

seja, diminuído; André passou a ter mais identificação com o projeto; passou a entender melhor o que estava sendo realizado; as formas de acompanhamento foram repensadas.

Na quinta entrevista, André disse acreditar que, pela proposta do laboratório aberto, a orientação dada foi coerente, “mais solto”. Ele acha que essa orientação dificultou de certo modo, pois as dificuldades que poderiam ser rapidamente superadas com uma orientação mais próxima tomaram mais tempo que deveriam. Porém, esse tempo despendido para sanar essas dificuldades menores podem ter significado um crescimento para ele. Exemplificando, ele falou que achou ruim não ter terminado o estudo com o sensor de som, mas ficou satisfeito de ter chegado aonde chegou (referindo-se ao que foi desenvolvido com o sensor de pressão) com seu próprio esforço.

- **Permanência no projeto e contradição com a carga horária da escola**

Quando foi perguntado, na quarta entrevista, por que participava do projeto, André respondeu que naquele momento era porque o projeto estava interessante e ele queria terminá-lo. Ele comentou que ficava muito cansado, devido à carga horária do segundo ano do Ensino Médio Profissional mais as tarefas do BIC-Jr., mas reforçou que o trabalho estava interessante. Completando, ele disse que não sabia se faria de novo, por mais um ano.

O professor 1 aproveitou então para perguntar se ele entraria no BIC-Jr. sabendo como o programa era e ele disse que achava que não. Para argumentar, ele disse que tomou quatro recuperações, incluindo Física, por causa do excesso de trabalho que o BIC-Jr. trouxe. O professor perguntou então se ele achava que vale a pena participar de um projeto de BIC-Jr. e ele respondeu que sim, pois ele valorizará

muito mais o curso técnico e médio dele ao se formar, mas fez a ressalva de que vale a pena no primeiro ano e não no segundo.

4.1.3 Categoria C: interações entre sujeito e objeto

A partir dos aspectos observados nas duas primeiras categorias, é possível construir um novo diagrama do sistema de atividade, a fim de representar o desenvolvimento da atividade de André (fig. 8).

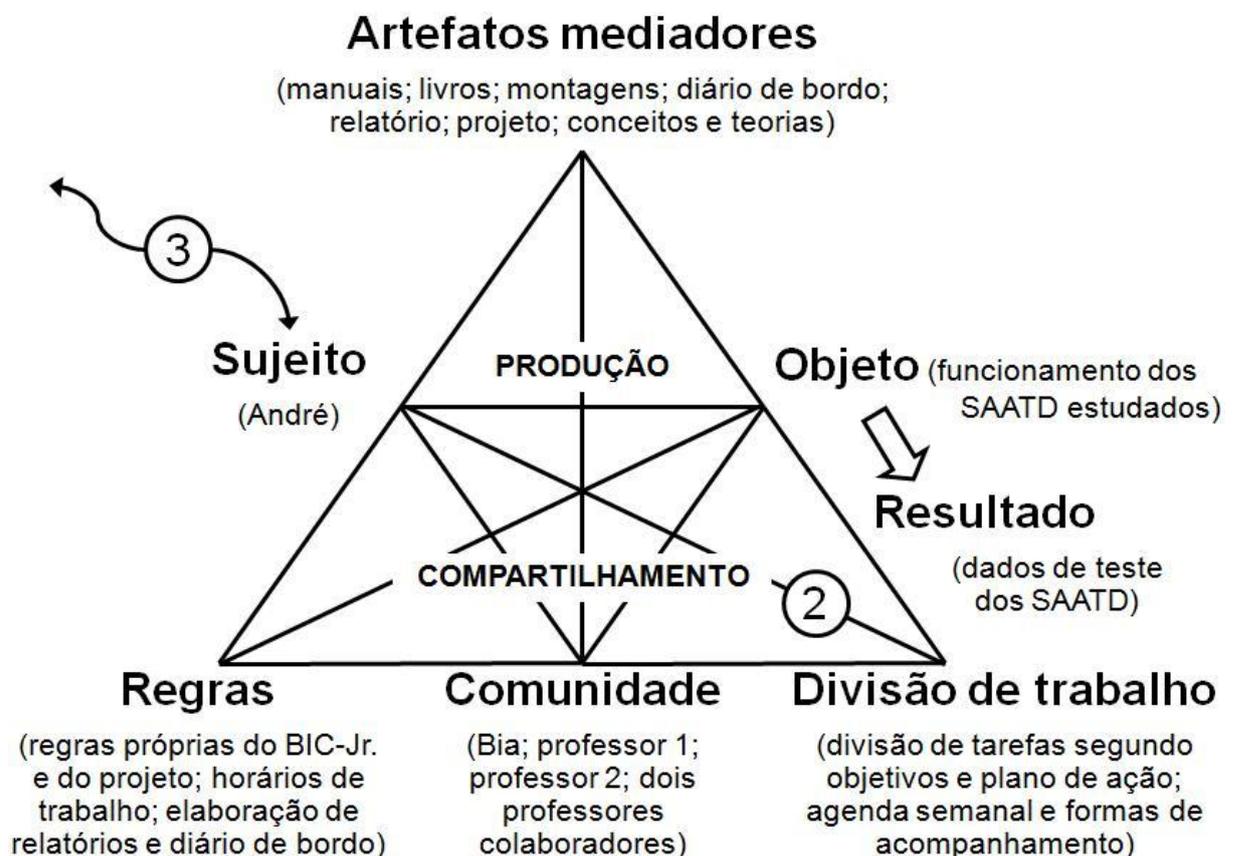


Fig. 8: Diagrama da atividade de André. Como já foi dito, a contradição 1 deixou de existir logo na primeira fase, devido aos estudos sobre as condições de funcionamento do sensor. A contradição 2 é devida ao grau de autonomia ser inadequado, considerando o nível de engajamento apresentado por André. Surge, a partir da segunda fase, a contradição 3, entre o sujeito e outra atividade da qual ele participa, a atividade escolar.

Uma contradição identificada na primeira fase do projeto foram os problemas devido à organização do trabalho, a logística. Há registros nas entrevistas e nos diários de

bordo apontando que houve várias perdas de dados coletados devido a falhas no computador. Outro exemplo de problema desse tipo foi que, durante a primeira fase, André demonstrou interesse pelo sensor de pressão, mas não foi possível fazer a montagem com ele porque o frasco necessário para a montagem quebrou. Além disso, na terceira entrevista, André disse que, no dia da semana em que há encontro com os professores, a orientação é boa, mas que tem dia que eles precisam de ajuda e não tem ninguém, ou seja, houve dificuldades devido a não ter um professor sempre presente na prática com os estudantes.

Foi perguntado a André, na quarta entrevista, se houve algo que ele gostaria de ter feito e que, por algum motivo, não foi possível. Ele só se lembrou da situação em que o professor 1 sugeriu acoplar o sensor de pressão e o de força para se medir qual a força necessária para variar a pressão em uma seringa. O que aconteceu foi que o sensor de força é muito sensível e tem um limite de 0N a 10N. Com essa variação de força, não se notava variação significativa de pressão na seringa.

Segundo André, desde o início da segunda fase do projeto não há mais problemas de logística, ou seja, essa contradição deixou de existir. Por tudo o que foi evidenciado na categoria B (níveis de engajamento) pode-se considerar que a contradição 2 também deixa de existir, pois o grau de autonomia dado a André foi se ajustando ao longo da segunda fase do projeto.

A partir da segunda fase, André passa a ter problemas de disponibilidade de horários, devido à alta carga horária do segundo ano do curso de Mecatrônica. Essa pesada carga de disciplinas e tarefas que a escola demanda de André impossibilita que ele se envolva mais com o trabalho e que ele chegue a ter um engajamento compreensivo, tornando-se uma contradição com o projeto de BIC-Jr., que a própria

escola oferece. Essa contradição foi chamada contradição 3 e está representada na figura 8.

Na quinta entrevista, o professor 1 perguntou a André se ele considerava que, no processo, os sensores foram objetos de medida ou objetos de estudo. A resposta de André foi:

31. *A – Foram objetos de estudo.*

32. *P – Objetos de estudo?*

33. *A – Acho que foi.*

34. *P – No processo todo?*

35. *A – Não. Depois que se familiarizou com o de pressão e com o de posição, aí foi objeto de medida, porque aí calculou a massa de ar, o escapamento do gás... Aí já pôde ser usado como objeto de medida, mas eu acho que oitenta por cento do tempo foi objeto de estudo.*

As regras do projeto, de acordo com o que André disse na quinta entrevista, eram o cumprimento de horários e as regras de laboratório, como, por exemplo, o que for utilizado deve ser guardado. Ele considerou que não teve regras, pois foi bem aberto. Depois ele reconheceu que a escrita do diário, dos relatórios parciais e o cumprimento da agenda semanal também eram regras do projeto.

André considera que, se o diário de bordo fosse produzido em perfeitas condições, os relatórios parciais seriam desnecessários e ele não os faria, pois ele não gosta de escrever. Porém, considerando as condições reais de produção do diário, os relatórios parciais foram úteis e necessários. Ele considera ainda que o relatório final seja necessário de todo jeito.

O professor 1 perguntou, também na quinta entrevista, quais foram as interações que ele teve durante o processo de desenvolvimento do projeto que levaram à produção do conhecimento e ele disse que com tudo: com o sensor; com as pessoas que trabalham na instituição federal e que ele conviveu; com Bia. Ele não se lembrou espontaneamente da interação com os fabricantes dos sensores, mas, quando o professor 1 os citou, ele reconheceu que existiu uma interação positiva no sentido de geração de conhecimento.

André disse que o contexto no qual o projeto foi desenvolvido foi uma vontade dos professores de utilizar um aparelho sobre o qual não tinham conhecimento suficiente e não uma necessidade da instituição federal de produzir conhecimento a respeito das condições de funcionamento dos sensores. É interessante pensar que ele não via o projeto como uma necessidade da instituição federal. Ele acreditava que eram os professores que estavam buscando utilizar os recursos disponíveis, sem uma vinculação com uma necessidade colocada pela instituição.

A primeira contribuição que foi citada por André dos resultados encontrados no projeto foi o conhecimento a respeito das condições de funcionamento dos sensores. Essa contribuição é, segundo ele, para a comunidade escolar da instituição federal. André acha que o trabalho também contribuiu para que ele seja mais organizado, que tenha mais planejamento ao realizar algum processo.

Para verificações a respeito das possibilidades apontadas na literatura para o uso de SAATD, é preciso analisar os dados coletados a respeito do que foi desenvolvido na atividade. Serão apresentados, então, dados representativos do que se aprendeu com os sensores.

Na segunda entrevista, foi perguntado como se obtinham dados da aceleração de um movimento a partir de dados de distância em função do tempo. André disse que se poderia calcular a velocidade e depois achar a aceleração. O professor 1 comentou que o primeiro método utilizado no projeto foi utilizar o gráfico de movimento retilíneo uniformemente acelerado. André sabia que o gráfico deveria ser uma parábola. O professor 1 falou que poderia também ser feito um gráfico de velocidade, que deveria ser uma reta e André comentou que isso estaria certo se a aceleração for constante. O professor perguntou, então, como calcular a aceleração com um gráfico de velocidade por tempo. André disse que era o valor da inclinação da reta.

André demonstrou domínio sobre as operações de análise de dados realizada até o momento da terceira entrevista no projeto. Nessa entrevista, ele comentou, inclusive, que achou o processo de linearização fácil de entender. Isso, dentre outras evidências, pode ser um indicador de que o trabalho com os SAATD propiciou o aprendizado de recursos de análise de dados, como foi previsto pela literatura na **possibilidade 3** (permitir o desenvolvimento de certas habilidades como utilizar alguns programas de computador, trabalhar com o SAATD, fazer cálculos estatísticos, construir e interpretar gráficos, entender erros aleatórios e sistemáticos, etc.).

Os estudantes fizeram um experimento para medir a posição de uma pequena esfera rolando em um trilho inclinado em função do tempo, a fim de determinar a aceleração de queda da esfera e, posteriormente, a aceleração da gravidade. Os dados coletados pelo sensor de posição não eram precisos, apresentavam falhas e, ao analisá-los, chegava-se a valores de aceleração distantes do esperado e com valores de erro maiores que o previsto pelos fabricantes do sensor. Uma das

hipóteses para esse problema foi que não havia como garantir que a velocidade inicial fosse zero, pois o procedimento para largar a esfera estava incorreto.

Uma das tentativas de verificar se o sensor captava dados confiáveis foi o procedimento realizado pelos estudantes de medir a posição de três esferas de tamanhos diferentes rolando sobre um trilho horizontal. Essa ação tinha o objetivo de obter valores de velocidade próximos do esperado e com baixos valores de erro. Na terceira entrevista, André perguntou por que na experiência do plano inclinado era ruim um impulso inicial, enquanto que ao medir as bolas grandes não havia problema. Essa pergunta demonstra certo grau de entendimento dos procedimentos de medida e análise de dados, apesar de ele não ter percebido que os dois experimentos tinham objetivos diferentes.

O professor 1 pediu também na terceira entrevista que os estudantes dissessem tudo o que sabiam sobre os sensores. André disse que sobre os sensores ele só sabe que o de força mede força. Que tem uma mola lá. Sobre o de som ele só sabe que capta a onda lá e que é bem sensível. André disse que o de pressão calcula a pressão num lugar fechado, a pressão num gás. Ele achava que esse é o sensor mais legal e tentou uma explicação mínima sobre como ele funciona. Sobre o que se aprendeu sobre o sensor de posição, segue uma transcrição da terceira entrevista, realizada com André e Bia:

36. [...] A – *E o de posição que envia ondas...*

37. B – *O de posição é “O de posição”.*

38. A – *Envia uma onda de ultrassom para frente, até um metro e meio, não pega a... Por que ele não pega a menos de quarenta? Menos de quarenta centímetros?*

39. P – Por que, que ele não pega quarenta centímetros?

40. A – Não, eu não sei não, sério mesmo. Não sei por que não pega não.

41. P – Nem ideia?

42. A – Nem ideia. Só porque é mais rápido de chegar assim, ele confunde?

43. P – Bom, já é uma hipótese. É uma ideia. Chega rápido demais?

44. A – Não, mas não tem uma coisa assim, uma coisa que é a resposta certa não?

Fez a pergunta buscando uma resposta definitiva sobre o limite inferior de medida, de 40 cm.

45. P – Não.

46. A – Não?

Silêncio.

47. A – Mas isso é uma coisa que não tem como a gente descobrir.

48. P – Tem como descobrir. Tem que estudar.

49. A – Não, só se você conhecesse o funcionamento do sensor. A gente não mexe com o funcionamento do sensor.

Ao falar que o funcionamento do sensor não é contemplado na atividade, André se referia ao funcionamento físico do sensor, ou seja, o que acontece dentro dele para transformar os sinais obtidos em dados, o que é diferente do conceito usado pelo professor 1, que se refere às condições de funcionamento do sensor.

O professor 1 procura argumentar com os estudantes a possibilidade de avançar na compreensão da estrutura e funcionamento do sensor estudando manuais sobre o assunto. Segue uma discussão sobre uma possível ação de desmontar o sensor, algo que pareceu motivar os estudantes, embora os mesmos reconhecessem que isso poderia danificá-lo e, por isso, não seria uma ação adequada, uma vez que se dispunha de um único sensor.

50. [...] P – *E o que mais que vocês sabem dos sensores?*

51. B – *Já acabou!*

52. P – *Como já acabou? E sobre o funcionamento?*

53. A – *Que envia ondas em tempos diferentes. O quê que você quer saber sobre o funcionamento?*

54. P – *O quê que ele mede, pra quê que ele serve?*

55. A – *Ah, ele mede distância e tempo...*

56. B – *Ele serve pra jogar no lixo. Pra guardar poeira.*

57. A – *Ele mede a distância do objeto.*

58. [...] P – *Uai, em quais situações que ele funciona? Quais fenômenos que ele consegue medir?*

59. A – *Uai, nenhum!*

60. P – *Nenhum?*

61. A – *Uai, certo não.*

62. B – *Se a gente soubesse a gente não estava quebrando a cabeça.*

63. A – *Ele pode medir tudo quanto é coisa, mas vai estar errado.*

64. P – *Ele pode medir todos os movimentos?*

65. A – *É, não é não?*

66. P – *Será?*

67. A – *Sei lá, um que haja movimento retilíneo.*

68. P – *Tem que ser retilíneo. Já começou bem. Tem que ser retilíneo. Que mais?*

Silêncio.

69. P – *Tem restrições, gente.*

70. A – *Quais restrições?*

71. P – *Uai, o movimento de um avião é retilíneo.*

72. A – *Uai, você pega um outro avião, põe o sensor na ponta e vai medir. Se você for imaginar a Física é muita imaginação. Por isso que é complicado Física.*

Segue a discussão em que acaba havendo um acordo sobre a impossibilidade de usar o sensor no exemplo proposto pelo Professor 1.

73. [...] P – *Que tipo de movimento que a gente vai medir com ele [o sensor de posição]?*

74. A – *Um movimento pequeno, simples.*

75. P – *Isso.*

76. B – *Ah, essa do avião foi muito legal.*

77. [...] A – O problema de Física da escola é isso: você estuda muita coisa que você não vê na verdade. Ah, desprezando o atrito... Mas você nunca vai ver um negócio que despreze o atrito. Entendeu? Por isso que é ruim, é difícil.

Depois disso, André não soube falar mais nada sobre os sensores. Os enunciados de André mostram que ele avançou na sua compreensão sobre a estrutura e funcionamento do sensor, considerando o tipo de questões propostas e observações realizadas por ele. Pode-se também interpretar que André se mostra seguro quanto aos conhecimentos adquiridos sobre o sensor, o que contrasta com o que foi constatado na segunda entrevista, mostrando uma evolução na relação do estudante (sujeito) com o SAATD (objeto) e sua compreensão sobre ele.

André demonstrou dificuldade em trabalhar com a abstração no estudo de fenômenos físicos, o que pareceu deixá-lo insatisfeito e desmotivado com o estudo. Porém, ele conseguiu entender que o exemplo proposto pelo professor 1 na linha 71 conduzia à resposta da linha 74. A princípio, o trabalho com SAATD não suscitou em André o sentimento de aproximação da realidade, o que é indicador de que a **possibilidade 4** (aproximar o estudo da física à realidade estudada, por trabalhar com dados produzidos a partir de experimentos reais), apontada pela literatura, não foi concretizada.

Na quinta entrevista, André demonstrou dificuldade em lidar com os conceitos físicos relacionados à acústica. Ele confundiu frequência e altura sonora e não sabia o nome do comprimento de onda. Mostrou também não ter domínio das relações entre esses conceitos. Não conseguiu definir com certeza se da nota musical Dó para a Ré o som fica mais agudo ou mais grave. Depois, demorou a conseguir definir a

relação disso com a frequência. Por fim, não conseguiu se lembrar dos fatores que interferem na frequência do som emitido por uma corda de violão, falando que a frequência dependia da massa da corda, da força com que ela é esticada e da velocidade do som. Porém, com algum tempo de conversa, ele conseguiu acompanhar o raciocínio do professor 1 para chegar às relações corretas.

O professor 1 perguntou em quais condições é possível considerar o produto pressão x volume constante em uma seringa e ele respondeu prontamente que é sem escapamento de gás. Logo em seguida ele acrescentou que era necessária também uma temperatura constante. Quando foi perguntado o que era necessário para se calcular a massa de gás dentro de uma seringa, ele ficou confuso. Consultando as anotações do diário de bordo, ele disse, depois de algum tempo, que utilizou o produto PV dividido pela constante universal dos gases e pela temperatura e isso tudo vezes a massa molar média do gás. Ele não reconheceu que utilizou a equação de estado dos gases ideais junto ao conceito de número de mols.

Os fatores que interferem no comportamento da pressão em função do tempo no estudo do sensor de pressão são, segundo André, a temperatura e o volume. Ele não reconheceu o escapamento do gás como fator relevante, apesar de ele poder apenas ter se esquecido. Esquecer logo esse fator, tão estudado por ele, pode ser considerado uma falha relevante.

André apresenta certo desenvolvimento com relação aos conceitos físicos envolvidos na atividade que ele realizou, apesar de esse desenvolvimento não ser avançado ou sólido. André ainda não havia estudado termodinâmica na escola, pois

esse seria um tema para um momento mais avançado do curso, o que torna os avanços de André mais relevantes.

Também na quinta entrevista, André disse que considerava importante fazer a experiência manual, sem o uso dos sensores, mas que um sensor que capta 500 valores em um minuto facilita muito a coleta de dados e isso tem como consequência mais tempo para a análise. Essa fala de André pode ser indicador de que a **possibilidades 1** (facilitar a coleta e a repetição da coleta de dados, reduzindo o tempo gasto e aumentando a quantidade de dados obtidos e analisados) e a **possibilidade 2** (favorecer que os estudantes dediquem mais tempo à formulação do problema da atividade ou à discussão dos resultados obtidos), apontadas pela literatura, foram concretizadas. Pode-se também dizer que a **possibilidade 5** (possibilitar a coleta de dados de fenômenos rápidos, como os que acontecem em frações de segundos, o que seria inviável manualmente) foi identificada, visto que André se referia a experimentos rápidos, que seriam difíceis de ter dados coletados com instrumentos analógicos de medida.

Quando perguntado a respeito do domínio de aplicação dos SAATD, André disse que não sabia falar sobre os sensores de posição e de força. O de pressão ele achava que dá para usar, mas talvez não em sala porque só tem um. Ele ficou sem saber se vale a pena utilizá-lo como recurso didático e, por fim ele disse que não seria interessante, pois achar a taxa de escapamento do ar ou a massa de ar dentro de uma seringa talvez fosse apenas mais um exercício. Tentando ver uma situação que seria mais interessante para usar o sensor de pressão, o professor 1 sugeriu a André a situação de medir com o sensor a pressão de um gás dentro de um recipiente. Ele prontamente respondeu que é possível fazer essa medida, mas seria preciso considerar o pico do gráfico devido ao escapamento que ocorrerá.

André considerava que os sensores são aplicáveis. O que ele ponderou foi sobre o elevado custo financeiro para essa aplicação. Quando foi questionado sobre o domínio de aplicação dos sensores, ele explicou sobre as condições de funcionamento do sensor de pressão: dentro de um recipiente fechado ele é bem preciso para se medir a pressão ou se calcular a taxa de escapamento de ar. O professor 1 perguntou se daria para utilizar o sensor em sala e André respondeu que sim, pois o sensor era muito simples de se utilizar. Com poucas palavras, segundo André, se explica o seu funcionamento.

André considera que o sensor de pressão é preciso, se forem respeitadas as condições de operação desse SAATD. Isso pode ser indicador que a **possibilidade 9** (propiciar maior precisão e confiabilidade das medidas obtidas) foi concretizada. A atividade de André propiciou que ele tivesse contato e desenvolvesse conhecimento a respeito de sistemas automáticos de aquisição e tratamento de dados, o que pode ser considerado evidência de que a **possibilidade 10** (promover a interação dos estudantes com tecnologias envolvendo o computador e a inclusão digital) foi concretizada.

4.2 O caso de Bia

4.2.1 Categoria A: sentidos atribuídos pelos estudantes a aspectos de uma atividade prática

- **Motivação e concepções iniciais**

Bia cursava, no ano de sua entrada no projeto, a primeira série do Ensino Médio de uma escola estadual de Belo Horizonte. Inscreveu-se no programa de BIC-Jr. porque assinou o papel de inscrição no processo seletivo achando que era lista de presença. Porém, ela foi à instituição federal, conheceu os cursos e, a partir daí, ficou interessada. Na hora de se inscrever para a seleção em si, sobravam poucos trabalhos, mas ela pôde se inscrever nos que ela mais tinha gostado.

O projeto com sensores ficou em segundo lugar no interesse de Bia, mas foi para esse projeto que foi selecionada, pois nem todos os projetos aceitavam estudantes de escolas estaduais. Bia ficou atraída pelo que seriam os sensores, que ela nunca tinha ouvido falar, e pelo trabalho em laboratório. Depois, ela descobriu que o projeto seria um estudo sobre esses sensores, envolvendo mais do que trabalhos em laboratório e isso a decepcionou.

Na primeira entrevista, assim como André, Bia se mostrou participativa, mas pouco entusiasmada com o projeto. Suas falas evidenciaram que ela considerava que existem várias oportunidades de aprendizagem numa atividade em laboratório e que o papel da imaginação é tão fundamental quanto o da observação numa investigação. Também houve evidências de que ela considerava que o erro não deveria ser descartado, pois se pode aprender com procedimentos incorretos, ou, nas palavras dela: “você não gastou tempo, porque alguma coisa você aprendeu”.

Bia não apresentava domínio das operações necessárias para conduzir a atividade. Apesar de trabalhar junto com André, era ele quem entendia o que estava sendo feito. Bia relatou que a primeira ação do projeto (estudo dos manuais dos sensores e da interface de aquisição e processamento de dados) “foi meio idiota”, porque eles ficavam medindo um objeto caindo toda hora.

- **Conhecimentos a respeito de erros de medida**

Com relação a erros de medida em laboratório, Bia não conseguiu o mesmo desenvolvimento de André. No início do projeto, ela não entendia o que estava sendo feito e nem se esforçava para tanto. Depois, ela passou a entender melhor os procedimentos, mas continuou apresentando muita dificuldade com relação à parte matemática e de análise de dados.

Na terceira entrevista, durante a discussão entre o professor 1 e André a respeito de erros de medida, Bia ficou calada, apenas acompanhando o que estava sendo dito. Ela deu sinais de entender os argumentos, mas pareceu incapaz de participar.

Na quarta entrevista, Bia não demonstrou saber o conceito de erro, nem sistemático nem aleatório. Analisando seu relato durante a entrevista, pode-se supor que ela trabalhou com esse conceito de forma mecânica, apenas executando ou repetindo os procedimentos passados pelos professores.

Ela disse, nessa mesma entrevista, que, se o resultado obtido fosse pelo menos próximo e repetitivo, era porque o sensor estava funcionando. Disse também que no laboratório da escola ela não precisava lidar com o erro, pois lá não tem erro. No laboratório da escola eles propõem o experimento já testado e pronto. Se der algum erro, com certeza foi de execução ou de análise.

Depois, falou que um exemplo de erro no projeto é uma falha na análise dos dados. O procedimento ao se deparar com um erro é repetir o experimento até encontrar a fonte e descobrir se o erro foi de execução do experimento ou na análise de dados. Se não for nenhum dos dois, pode ser um erro devido ao equipamento.

O professor 3, que orientou Bia na segunda fase do projeto, avaliou, ao ser entrevistado, que Bia tem uma noção muito limitada sobre o erro. Porém, ele considera que isso é normal para um estudante do Ensino Médio. Uma das vantagens destacadas pelo professor 3 a respeito do trabalho com os sensores é que ele propicia a discussão sobre o erro de laboratório, o que pode ser indicador de que a **possibilidade 3** (permitir o desenvolvimento de certas habilidades como utilizar alguns programas de computador, trabalhar com o SAATD, fazer cálculos estatísticos, construir e interpretar gráficos, entender erros aleatórios e sistemáticos, etc.), apontada pela literatura, foi concretizada. No entanto, isso não implica, como foi o caso de Bia, que se alcance com o estudante uma compreensão satisfatória do conceito de erros de medida.

Na quinta entrevista, foi pedido a Bia que pensasse no mesmo exercício mental que foi proposto a André, em que uma bolinha desce por uma rampa e bate no chão. Se a bolinha descer a rampa de novo, baterá no mesmo lugar no chão? Ela disse que depende, por exemplo, se a bolinha foi solta do mesmo lugar. O professor 1 ofereceu a solução do largador e ela continuou achando que a bolinha não cairia exatamente no mesmo lugar. Porém, ela não conseguiu dizer quais são os fatores que interferem no movimento. O professor 1 levantou variáveis que poderiam interferir e ela acompanhou bem, dando inclusive outros exemplos.

O professor 1 perguntou qual era a relação desse exercício com o trabalho dela e ela disse que era como o ajuste da posição do largador com relação ao sensor de posição. Ela conseguiu perceber que os ajustes finos alteram o movimento e, conseqüentemente os dados coletados. Isso, de acordo com Bia, não foi levado em conta para a análise de dados, pois, quando dava um resultado bom, eles (Bia e professor 3) não pensavam nas possíveis fontes de erro.

4.2.2 Categoria B: níveis de engajamento

Bia manteve em toda a atividade um nível de engajamento mais distante do nível compreensivo do que o de André. Porém, ela deu sinais de ter se desenvolvido mais, demonstrando uma maior transformação em seu nível de engajamento. No início do projeto, Bia não entendia as operações realizadas por André, limitando-se a imaginar que estava tudo correto. Isso não a incomodava ou deixava desmotivada. Já na última entrevista, ela chega a relatar que sentirá saudades dos sensores e que avalia ter desenvolvido um trabalho com resultados relevantes e úteis.

- **Relação com o aprendizado**

Assim como a André, foi perguntado a Bia o que ela considerava ter aprendido em diferentes momentos da atividade. Na segunda entrevista, ela teve a mesma reação de André, ficando calada mesmo quando o professor 1 deu o exemplo de ter aprendido mais sobre análise de dados com o auxílio de programas de computador. Na terceira entrevista, ela teve novamente a mesma reação de André, se limitando a dizer que aprendeu muito no projeto, sem conseguir dar exemplo do que aprendeu.

Na quarta entrevista, Bia relatou ter usado na escola alguns conceitos que ela aprendeu no projeto. Ela disse que aprendeu coisas para aplicar tanto no projeto

quanto na escola. Aprendeu também como é o funcionamento de um laboratório longe da escola, pois não é a mesma coisa. Isso pode ser um indicador de que a **possibilidade 11** (permitir que o estudante realize atividades mais parecidas com as realizadas em um laboratório de pesquisa em Física) foi concretizada.

Um depoimento que reforça a análise de que Bia considerava ter aprendido coisas relevantes é que ela pensava que podia sair do projeto quando quisesse, mas, depois, ela percebeu que ela tem boas oportunidades no projeto, tanto de aprender quanto de convivência com outra escola, com outros professores e com os colegas do laboratório.

Na quinta entrevista, quando questionada a respeito do que ela havia aprendido durante todo o trabalho, a primeira coisa que ela falou foi que aprendeu a trabalhar com o *Excel*. É interessante ela ter ressaltado o aprendizado a respeito desse programa, pois, durante a terceira entrevista, ela não foi capaz de reconhecer esse aprendizado, mesmo quando o professor 1 deu o mesmo exemplo. Ela aprendeu também: a trabalhar com o *KaleidaGraph*; alguns conceitos físicos (o último, segundo ela, foi conservação da quantidade de movimento); os nomes dos materiais de laboratório; a escrever um relatório, nas palavras dela: “foi muito útil para mim”; sobre linearização (disse que foi um aprendizado vago); sobre funções e gráficos (ela disse que era um desastre e agora melhorou bastante); alguns conceitos físicos que ela só percebe que aprendeu quando os aplica (ela deu um exemplo, mas não foi possível identificar na gravação).

Bia disse ainda que é legal saber sobre os conceitos físicos e aplicá-los na sala, principalmente quando os colegas perguntam onde foi que ela aprendeu. Ter feito

muitos exercícios durante o projeto, de acordo com ela, foi bom, pois era possível tirar dúvidas do trabalho ou dos conceitos.

Assim como no caso de André, o silêncio de Bia na segunda entrevista pode ser interpretado como indicador de ausência de engajamento compreensivo. Já na quarta entrevista, Bia relatou estar utilizando o aprendizado laboratorial na escola. Ela disse que aprende coisas para aplicar tanto no projeto quanto na escola. Aprende também como é o funcionamento de um laboratório longe da escola, pois não é a mesma coisa.

Na primeira fase, André ajudava Bia no trabalho. A partir da segunda fase, ela teve que trabalhar sozinha e isso, segundo ela, a levou a tirar mais as dúvidas e a buscar o entendimento das coisas. Bia demonstra ter modificado sua percepção a respeito do que ela aprendeu no projeto, o que pode ser indicador de maior engajamento na atividade, para além do nível operacional.

- **Identificação com o objeto da atividade**

No primeiro encontro com os estudantes, no início do desenvolvimento do projeto, o professor 1 apresentou os sensores com os quais eles iriam trabalhar. Esse fato foi relatado na terceira entrevista da seguinte forma:

78. *B – A gente viu os sensores. Pra mim aquilo lá era um / inútil! Imagina.*

79. *P – Era lixo?*

80. *B – Era! Eu lembro que eu imaginei assim: um trem cheio de buraquinho lá vai fazer alguma coisa / ai ai ai [desdenhando o sensor de posição]. O outro era pesado [referindo-se ao sensor de pressão]. O mais idiota que*

eu achei foi o de posição. Como que ele ia medir a posição de alguma coisa?

Os sensores não atraíram a curiosidade ou o interesse de Bia. Ela, inicialmente, considerou os sensores como sendo de pouco valor. Depois dessa fala, André ainda disse que o pior que ele achava era o de força e Bia concordou.

Na terceira entrevista, ao ser questionada sobre a utilidade do sensor de posição, Bia afirma: “ele serve para jogar no lixo. Para guardar poeira”. Logo em seguida: “se a gente soubesse a gente não estava quebrando a cabeça”. Nessa última afirmação, Bia se referia ao tempo que foi gasto no projeto para tentar compreender as condições de operação do sensor de posição, ou seja, em que condições o sensor funciona corretamente.

Bia demonstrou manter ou até agravar a visão negativa que ela tinha a respeito dos sensores por toda a primeira fase da atividade. Para ela, o grau de dificuldade na operação com o sensor, a não obtenção de resultados esperados, somados à sua motivação inicial para o projeto configuraram fatores de engajamento operacional. O jeito provocativo de se expressar pode também ser fruto do seu descontentamento com a situação que antecedeu a terceira entrevista, quando fora repreendida pelo professor 2.

Na quarta entrevista, Bia afirmou, em dois momentos diferentes, ter achado ruim trabalhar separado de André porque ela não pôde trabalhar com o sensor de som. Ao mesmo tempo achou bom, por poder aprofundar nos estudos dos dois sensores (de posição e de força) que foram designados a ela.

Ela disse que mudou a visão que tinha com relação aos sensores. Na primeira fase, pensava que ninguém os utilizaria para nada. Na quarta entrevista, ela considerava

que conhecer o sensor por si só já é legal. Ela disse que o motivo de ir trabalhar é porque ela gosta dos experimentos dela, dos sensores dela, dos brinquedos dela. Ela vai trabalhar pensando nos sensores, pensando em como ela vai brincar com eles.

Na quinta entrevista, Bia disse que o sensor de força era legal. Em vários momentos da entrevista, Bia trata os sensores com carinho, como se eles fossem objetos de estimação dela. Isso mostra a mudança de opinião e atitude de Bia para com os objetos da atividade, o que pode ser consequência de um engajamento mais próximo do nível compreensivo.

- **Evidências de ausência de engajamento compreensivo**

Bia relatou na segunda entrevista que o professor 2 tentara trabalhar com ela o conceito de linearização de um gráfico de distância por tempo, referente a um movimento uniformemente acelerado. Embora não tivesse entendido a explicação do professor 2, dissera que havia entendido para que ele não insistisse na explicação.

Essa fala de Bia sugere a princípio uma falta de interesse em compreender os conceitos envolvidos na atividade e, conseqüentemente, em compreender também as operações que estavam sendo realizadas. Em vários outros momentos do trabalho, explicitados pela estudante nas entrevistas, Bia deixou de perguntar as dúvidas, reforçando a interpretação de que ela não se engajou no nível compreensivo.

No início do projeto, as medidas do movimento de corpos em queda vertical eram realizadas com o propósito de determinar a aceleração de tal movimento. Para tanto, os estudantes coletavam dados de posição em função do tempo e desenvolviam os procedimentos matemáticos para determinar a aceleração. André conseguia

executar esses procedimentos, enquanto Bia não entendia o que ele estava calculando. Ela, porém, não se importava em não entender, apenas aceitando os cálculos de André e acreditando que eles estavam certos. Isso foi expresso em outras situações, relatadas na terceira entrevista e no diário de bordo de Bia, como, por exemplo, na determinação da inclinação do gráfico linearizado de distância percorrida em função do quadrado do tempo.

É interessante perceber que as evidências de não engajamento compreensivo de Bia vão até a terceira entrevista, momento que finaliza a primeira fase do projeto.

- **Evidências de mudança no nível de engajamento**

Ainda na terceira entrevista, Bia disse que as medidas da distância entre o sensor de posição e o chão (procedimento realizado quase no fim da primeira fase) eram mais legais que as outras feitas até então porque ela entendia o que estava sendo feito. A mudança de avaliação que ela fazia da atividade a partir de quando ela começou a entender as operações mostra evolução no nível de engajamento da estudante. A princípio, a razão para esse crescimento foi ela compreender melhor o processo, o que pode tê-la levado a atribuir um sentido pessoal à atividade, aproximando-se de seu significado.

Bia disse, também na terceira entrevista, que não tinha uma noção de projeto. Achou que fosse parecido com a experiência que ela teve em um laboratório de Biologia no ano anterior, mas não era. Ter que escolher as próprias ações faz, segundo Bia, com que o projeto com os SAATD seja diferente, mas nem pior nem melhor. Ela disse que o laboratório de Biologia era mais fácil porque era definido o que fazer exatamente, enquanto que no BIC-Jr. só uma parte é definida e no resto

eles têm que se virar. Ela achava o de Biologia legal, mas ela fazia porque era uma obrigação, enquanto que do projeto com sensores ela escolheu participar.

Esse enunciado de Bia se contrapõe a um anterior, em que ela diz ter entrado no projeto por acaso. Alguns fatores podem estar relacionados a essa contraposição, que expressa contradições internas à atividade: escolher sem um melhor entendimento dos objetivos propostos para o projeto; dificuldade de compreensão sobre as operações básicas da atividade, especialmente as de tratamento dos dados, obstáculo reforçado pela obtenção de resultados não esperados. Outro fator a ser considerado é o nível de influência da família na escolha em participar do projeto. Existem alguns registros no diário de bordo do professor 1 salientando que a mãe da estudante tinha um papel ativo na participação dela no projeto. Apesar de casual, Bia teve a possibilidade da escolha, que seria uma condição inicial de desenvolver um engajamento compreensivo.

Na quarta entrevista, Bia disse que, apesar de ter ficado muito tempo fazendo a calibração do sensor de força (que não estava fornecendo dados coerentes com o esperado) para enviar os dados para o fabricante, Bia não se sentiu incomodada, pois ela sabia que era preciso “ter certeza que não estava dando certo”. Nessa fala, Bia mostra compreensão de que é necessário fazer medidas sistemáticas e com condições de contorno bem delineadas para poder verificar o bom funcionamento de uma ferramenta de medida. Essa compreensão é um indicador de que Bia se aproximou mais de um engajamento compreensivo a partir da segunda fase do projeto. Pode também ser indicador de que a **possibilidade 6** (facilitar a alteração das condições de contorno para checar hipóteses) não foi concretizada, uma vez que foi um processo trabalhoso certificar-se de que as condições de contorno estavam bem delineadas para confirmar o mau funcionamento do sensor de força.

Bia achou legal fazer a proposta de aula com os experimentos que ela tinha realizado (determinação do coeficiente de atrito e queda de objetos). Ela disse que era divertido, pois, nas palavras dela, “é como se ela virasse uma professorinha” e “é legal saber que alguém mais vai fazer o que eu fiz”. Bia demonstrou atribuir valor à própria prática, reconhecendo resultados positivos de sua atividade. Ela ainda mostrou envolvimento com o experimento, quando disse que os resultados estavam bonitos.

Um dos experimentos que não foi bem sucedido foi uma tentativa de utilizar o sensor de força para medir a tensão na corda de um pêndulo. Quando o pêndulo era posto em oscilação, a haste de detecção do sensor oscilava um pouco, junto com o movimento do pêndulo. Bia mostrou cuidado e interesse pela montagem ao observar esse fato, até então desconhecido. Ela segurou a haste para fazer parar essa oscilação e isso interferiu nos dados, resolvendo a falha que estava aparecendo na análise. Devido a isso, o experimento foi descartado.

Ainda na quarta entrevista, Bia disse que estava gostando mais do projeto, dizendo também que ia trabalhar antes do horário e saía depois. Ela disse que esperava fazer algo legal para levar aos colegas da escola. Queria levar a atividade de queda de objetos para lá e só não tinha proposto isso ainda porque achava que ainda não tinha chegado o momento propício para isso. O intervalo da quarta entrevista que trata da opinião de Bia sobre participar de um projeto didático segue transcrito:

81. P – Você acha que vale a pena fazer um projeto pensando em desenvolver aulas pros estudantes ou se você fosse fazer o projeto só para ficar mexendo com os sensores seria melhor?

82. *B – Não. Lógico que não! Porque quando você está fazendo pensando numa proposta para outros estudantes, você está pensando em... Porque se eu fosse trabalhar só com os sensores sem ter a proposta de aula, ia ficar chato, porque só eu ia mexer com o sensor e o resto do povo não ia conhecer o que eu estava fazendo. O bom de passar pros outros estudantes é que eles também vão aprender o que eu estou fazendo e também você vai ver o seu esforço nos outros estudantes.*
83. *P – Então a graça do projeto é fazer essas propostas?*
84. *B – Também.*
85. *P – O projeto pioraria se você pudesse ficar só com os sensores, sem fazer plano de aula?*
86. *B – Ia ficar chato. Já tendo a proposta é uma motivação para você fazer tudo bonitinho, tudo certinho, porque o pessoal vai reproduzir.*
87. *P – Você consegue me falar o que é legal e o que é chato de fazer aqui?*
88. *B – O que é legal: mexer com os meus brinquedos [referindo-se aos SAATD] é legal; fazer as continhas e jogar na equação; olhar os gráficos no KaleidaGraph é legal. O chato: ter que levar livro para estudar em casa, isso é um saco; eu não gosto quando o professor 3 começa a desenhar aqueles negócios lá e põe aquelas coisas estranhas, tipo K , K_f ... Eu não gosto disso de jeito nenhum, me dá um sono!*
89. *P – Mas agora você entende?*
90. *B – Entendo, mas é um saco quando ele começa, nossa senhora! E também é chato quando ele fica me perguntando e eu não gosto de responder.*

Tem mais coisa: é chato quando o professor 2 me manda olhar essas bolinhas [ela tinha a tarefa de conseguir duas esferas, uma de metal e outra de madeira, ambas de mesmo volume], é chato demais, porque eu nunca faço isso no horário de vir pra cá, eu tenho que fazer quando eu estou em casa. Também é chato vir para cá depois do almoço, porque de vez em quando eu não almoço, aí eu fico comendo porcaria.

Bia diz gostar da parte de análise de dados, ou seja, a parte matemática da atividade. Há nessa fala um grande contraste com o que Bia diz na terceira entrevista. Ela também demonstra atribuir valor à atividade com SAATD, a ponto de poder ser interessante para outros estudantes conhecerem. O que Bia considera desagradável no projeto não parece ter importância a ponto de fazer com que ela se desinteresse pela atividade.

Na quinta entrevista, Bia disse que conseguiu fazer a esfera de madeira que o professor 2 havia pedido. Ela contou a história de como foi, dizendo que o pai achou um marceneiro artesão que tinha um torno para fazer a bolinha do jeito que era necessário. Pode-se considerar que ela se engajou nessa ação, pois o pai saber da necessidade da bolinha a ponto de ir ao encontro de um marceneiro mostra que Bia compartilhou essa necessidade com o pai.

Quando foi perguntado a Bia se ela se sentia autora do projeto, ela respondeu que era uma das personagens principais do 'livrinho', mas não era autora. O autor foi o autor do projeto, pois eles caminharam de acordo com a escadinha que ele ia montando. Ela era a personagem principal, o que significa que ela testou as coisas e colocou em prática o planejado. Ela também se sentiu cobaia, no sentido que foi testada, mas isso não a incomodou. Ela acha isso legal. Sendo a cobaia, ela acha

que testou e foi testada: testou os materiais; foi testada a reação dela dentro do laboratório. O projeto foi mais do que testes, foi também uma troca de conhecimento entre uma pessoa da instituição federal e uma de fora (André e ela). Ela acha que contribuiu para a autoria, mas na parte de execução.

- **Grau de autonomia**

Na terceira entrevista, ao falar da orientação recebida dos professores do projeto, relacionando principalmente à autonomia dada aos estudantes, Bia teve a mesma opinião de André, dizendo que, se eles tivessem criado a ideia e elaborado o projeto, o grau de autonomia seria adequado.

Na quarta entrevista, Bia disse que percebeu a diferença entre as formas de orientação entre a primeira fase e a segunda fase do projeto. Ela disse que na segunda fase o professor 3 passava mais coisa para ela estudar, o professor 2 explicava melhor as coisas e ela não mais se sentiu perdida porque eles falavam exatamente o que é para ela fazer.

Na quinta entrevista, Bia disse que a orientação melhorou na segunda fase, pois antes ficava um pouco vago para ela. Ela considerava que essa melhora poderia ser devido ao fato de ela ter se acostumado, mas ela achava que, na segunda fase, a orientação foi muito boa. Ela disse que foi mais claro, mais fácil de entender, mas não sabe o porquê. No final, ela considerou que o processo de orientação foi satisfatório, pois, apesar das pequenas falhas, houve oportunidade de crescimento.

- **Permanência no projeto**

No final da primeira fase, Bia pensava que participar de um projeto de BIC-Jr. não era muito legal. Um dos motivos para isso é que os colegas estão fazendo coisas

mais interessantes enquanto ela estava no laboratório estudando. Ela continuou no projeto, de acordo com o que ela mesma disse na quarta entrevista, porque passou a gostar, pois é legal fazer experimentos e é legal o que ela aprende no projeto. Ela disse que, antes, pensava que podia sair do projeto quando quisesse. Depois ela percebeu que ela tem boas oportunidades no projeto, tanto de aprender quanto de convivência com outra escola, com outros professores e com os colegas do laboratório.

Na quinta entrevista, Bia falou sobre a permanência dela no projeto da seguinte maneira:

91. *B – Você chega lá no projeto, você acha que, ah, eu vou ganhar uma bolsa, vou estudar, aí está bom! Divertido... No início a gente pensava assim, apesar de que eu não entrei pensando na bolsa.*

92. *P – Você entrou pensando...*

93. *B – Entrei pensando... Eu não sabia o quê... [rindo] Mas na bolsa eu não estava pensando. Isso eu tinha certeza. Aí depois vieram as cobranças e foi ficando chato. Aí veio a ideia de pensar em desistir e tudo o mais aí vem aquele que fala: desiste, sai logo... Aí vem minha mãe: não, você não vai sair, você vai continuar. Aí vêm os outros amigos: ah, sai, a gente poderia sair enquanto você está lá. Isso me cutucava, às vezes. Só que aí eu continuei. Acabou que eu me acostumei, eu gostei.*

Bia demonstra ter cogitado a possibilidade de desistir da atividade em alguns momentos da primeira fase. Novamente, é marcada a influência da mãe de Bia com relação à sua participação e permanência no projeto. Quando chega a segunda

fase, Bia demonstra não pensar mais em desistir, o que pode estar relacionado à mudança de seu nível de engajamento.

4.2.3 Categoria C: interações entre sujeito e objeto

Sobre a contribuição do projeto para a evolução de Bia como sujeito da atividade, na opinião dela, segue a transcrição:

94. B – No final eu já achei que foi bom isso tudo, porque, além de eu ter aprendido muita coisa, eu vi que nem tudo pode ser do jeitinho que eu quero. [...] Eu aprendi que existem regras, existem obrigações, existem deveres que a gente tem que cumprir. A gente aprende, a gente tem que aplicar o que aprende. Isso foi bom pra mim. Eu entrei com uma cabeça no projeto e saí com outra. Eu não tinha um objetivo quando eu entrei. Quando eu saí eu já tinha! Já vi que... Tá, vi que Física não é o meu forte [rindo], não é o que eu quero fazer, mas eu aprendi que eu posso tentar coisas diferentes e sair com muito mais do que eu já tinha. Eu posso aprender muito mais fazendo coisas que eu talvez não goste, que eu vou sair satisfeita, mesmo achando chato, mas eu vou ter aprendido muita coisa. Tirei muita coisa do projeto.

Bia demonstra na quinta entrevista ter uma relação com o projeto muito diferente da observada na primeira fase da atividade. Ela reconheceu que há regras e que elas foram importantes para o bom desenvolvimento da atividade. Quando questionada sobre essas regras, Bia disse que havia regras e deveres e que eram coisas diferentes. Para ela, as regras eram: ser responsável pelos sensores e pelo resto do material do trabalho; manter o laboratório em ordem e colocar as coisas no lugar;

cumprir as 12 horas semanais. Os deveres eram: manter o diário de bordo em dia; chegar no horário combinado; cumprir as tarefas propostas.

Bia disse, na quinta entrevista, que passou a manter seu próprio diário de bordo. Ela anda sempre com o caderninho e criou o hábito de escrever. Isso foi, segundo ela, por causa do projeto. Bia já possuía uma boa tendência a escrever, mas treinou a escrita sistemática no projeto. Ela disse que sempre foi legal fazer o diário de bordo, pois era como se ela chegasse em casa e contasse a alguém o que estava fazendo. O único problema com o diário de bordo é que às vezes ela se esquecia de escrever e só voltava a escrever quando voltava ao laboratório, pois ela revia as coisas e anotava tudo. Ela escrevia tanto sobre o processo quanto sobre as impressões pessoais dela e isso era útil, pois ela via a interferência que o seu humor tinha sobre o trabalho.

Bia disse ter aprendido a ter disciplina com relação ao cumprimento do horário. Ela concordava com o dever de chegar no horário. Por fim, Bia disse não discordar de nenhuma regra ou dever e não achou que faltou nenhuma, dizendo que considerava o trabalho bem organizado.

O projeto teve influência na casa de Bia, pois tanto as regras quanto o que ela aprendeu foram para a casa dela. Ela levava para casa o que ela aprendeu e até o jeito de falar mudou. Bia achou que essa influência colaborou, mas também criou o obstáculo com a mãe, quando esta discordava da vontade de Bia de desistir do projeto. Bia também achou que a mãe influenciou no projeto, pois a mãe forçava Bia a cumprir seus deveres.

O projeto não influenciou a escola de Bia. Segundo ela, as pessoas do colégio não se interessavam pela atividade. Houve uma turma do curso técnico em Química da

instituição federal na qual foi aplicado um dos planos de aula produzidos por Bia. Essa turma influenciou o projeto, segundo Bia, na medida em que os estudantes deram idéias de como melhorar a montagem. Eles também foram influenciados, pois o projeto possibilitou a demonstração de experimentos simples e com objetos diferentes, como os sensores. Bia considerou que a influência foi positiva, mas criou obstáculos também, pois eles viram que existem dificuldades a serem superadas no trabalho com sensores.

Na quarta entrevista, Bia disse que estava com boas expectativas quanto a essa aplicação do plano de aula. Os estudantes iriam trabalhar com a prática já bem preparada e planejada por Bia, que ficou satisfeita por isso. Ela disse que antes era muito precário, se referindo à falta de cuidados metodológicos na primeira fase do projeto. Bia acha que usou muito do que se fazia antes para melhorar nessa segunda fase.

Na quinta entrevista, Bia disse ter considerado o dia da aplicação do plano de aula na turma de Química bem legal. Ela não gostou de ter passado um aperto devido ao largador ter agarrado. O largador era uma peça que tinha a função de garantir que a esfera partisse do repouso. O combinado para aula era que o papel de Bia era manusear o largador. Esse agarrou porque era preciso fazer muita força para que ele ficasse preso, então não soltou tão fácil.

Bia considera que a experiência de levar o sensor para a sala de aula deu certo. Não foi exatamente o que eles tinham planejado, mas foi bom porque eles viram o ponto de vista de outras pessoas e deu para enxergar coisas que eles não viam. Os estudantes trouxeram ideias diferentes para o largador. Ela disse que os estudantes demonstraram interesse.

A experiência da sala de aula modificou o trabalho de Bia porque, de acordo com ela, eles tiveram que repensar os problemas e sugestões que apareceram durante a aula. Eles queriam aprimorar o experimento e isso demorou mais. Uma das coisas é que o posicionamento do largador deveria ser mais bem ajustado.

A tentativa de ajustar a posição do largador não deu certo, pois encontrar a posição correta alterando três dimensões e trabalhando com as garras do laboratório era um ajuste muito fino e difícil. Além disso, em algumas situações, foi considerado que o largador estava na posição exata, mas o sensor não captava o movimento das esferas.

Os sensores não são, de acordo com Bia, aplicáveis a qualquer domínio. Para alguns experimentos eles não servem muito bem. Para outros, funcionam bem, mesmo dando alguma coisa errado na análise. O professor 3 acredita que os sensores já foram estudados o suficiente e já se tem um conhecimento básico sobre o funcionamento deles que é suficiente para retorná-los da posição de objeto para a posição de mediação no sistema de atividade. Segundo ele, os procedimentos de aumentar o tamanho da bolinha e colocar o largador resolveram os problemas de medida com o sensor de posição.

Bia também disse acreditar que os SAATD voltaram a ser objetos de medida na segunda fase da atividade. Porém, os relatos de Bia de que foi necessário realizar procedimentos de teste com o sensor de força, que estava com problemas e teve de ser substituído, os relatos de que foi necessário abandonar o experimento de medida de tensão na corda de um pêndulo e os relatos de que foi necessário um grande esforço para que o sensor de posição realizasse medidas próximas do esperado vão contra as opiniões de Bia e do professor 3. É razoável supor que os

SAATD ocuparam, em alguns momentos da segunda fase, o papel de objeto da atividade e em outros o papel de mediação.

Seguindo o mesmo procedimento realizado para André, foi produzido um novo diagrama do sistema da atividade de Bia, mostrando o desenvolvimento da atividade na segunda fase (fig. 9).



Fig. 9: Diagrama do sistema de atividade de Bia. Assim como na atividade de André, a contradição 1 deixou de existir logo na primeira fase e a contradição 2 é devida ao grau de autonomia ser inadequado. Torna-se relevante, a partir da segunda fase, a contradição 4, entre o sujeito e os artefatos mediadores, mais especificamente os conceitos e teorias, visto que Bia demonstra ter uma base conceitual aquém do desejado para a participação no projeto. Da mesma forma, entra em evidência a contradição 3, entre os artefatos mediadores e o objeto da atividade, pois os problemas de logística na atividade de Bia não se extinguíram na segunda fase.

Entendendo o diagrama do sistema de atividade como uma ferramenta de descrição e análise da atividade como um todo, foram coletados vários dados que se relacionam com essa maneira de observar o processo. Bia deu vários sinais de que

os elementos considerados no diagrama foram realmente relevantes em sua atividade.

Assim como foi verificado na atividade de André, pode-se dizer que o grau de autonomia dado a Bia foi se ajustando ao nível de engajamento que ela apresentou e às condições de realização da atividade. Como foi evidenciado na categoria B, o nível de engajamento de Bia aumentou bastante da primeira para a segunda fase do projeto. Isso, somado às modificações nas formas de acompanhamento, resultou em um grau de autonomia mais adequado, fazendo com que a contradição 2 deixasse de existir na segunda fase da atividade.

Na quarta entrevista, Bia disse que ia desenvolver dois experimentos juntamente com André, mas não deu tempo, pois começaram as aulas e eles tiveram de se separar, devido à incompatibilidade de horários.

O sensor de força “não estava dando muito certo” no início da segunda fase. Apresentava resultados fora do esperado no experimento que media a tensão na corda de um pêndulo. Bia precisou fazer a calibração do sensor, para ver se ele estava funcionando. Essa decisão parece ter sido baseada na experiência passada com o sensor de posição.

O experimento do pêndulo foi dificultado e atrasado porque o sensor apresentou problemas de fábrica. A espera pelo novo sensor foi grande. Chegando o novo sensor de força, eles foram testá-lo para saber se estava funcionando. Bia foi capaz de, na quarta entrevista, relatar com detalhes esse teste, o que indica que ela entendeu o processo e se aproximou de um engajamento compreensivo.

Na primeira fase, houve vários problemas com o computador, que não salvava os dados coletados nos experimentos. Ao tentar reinstalar o *software*, foi descoberto

que o *drive* de CD não abria. Mudamos de computador, MAS (tem um “mas” grande no diário de Bia e ela mesma ressaltou isso na terceira entrevista) houve problema nas contas de administrador e usuário. Diante de tantos problemas, a atividade foi interrompida. O professor 1 tentou resolver o problema utilizando o computador de uma professora da Coordenação de Ciências que também utilizava o laboratório, mas não deu certo, pois o *software* não funcionou no computador dela. Foi necessário conseguir um novo computador, para que a atividade prosseguisse sem mais problemas.

Na quarta entrevista, Bia relatou que teve que parar o trabalho até conseguir uma esfera de madeira adequada para o experimento de queda de corpos com o sensor de posição. Ela disse que demorou a conseguir e, devido a isso, o experimento demorou de ser concluído.

Os problemas com o computador na primeira fase, somados aos problemas com o sensor de força e à falta de materiais necessários para os experimentos planejados, podem indicar que os problemas de planejamento e organização do trabalho foram relevantes na atividade de Bia, o que nos permite supor que existia uma contradição entre os artefatos mediadores e o objeto da atividade, como foi representada a contradição 3 na figura 9. A contradição se encontra entre esses dois elementos do sistema, segundo nosso entendimento, porque os artefatos mediadores, ora materiais necessários, ora computadores, ora SAATD, não correspondiam ou não cumpriam bem o papel de mediação, dificultando a interação do sujeito com o objeto.

Bia acha que o sensor tem a desvantagem de não ser confiável, ou seja, em cada experimento, é preciso conferir se os dados que ele está fornecendo estão

razoáveis. Essa fala de Bia pode ser indicador de que a **possibilidade 9** (propiciar maior precisão e confiabilidade das medidas obtidas), apontada pela literatura, não foi concretizada.

Fazer as medições com o sensor é, na opinião de Bia, bastante rápido. Ela acha também que ver o gráfico simultaneamente com a realização do experimento ajuda porque é possível detectar erros antes da coleta dos dados. Ela acha que o *KaleidaGraph* facilita muito o trabalho. Essas falas podem ser indicadoras de que a **possibilidade 1** (facilitar a coleta e a repetição da coleta de dados, reduzindo o tempo gasto e aumentando a quantidade de dados obtidos e analisados) e a **possibilidade 8** (promover a coleta de dados em tempo real, o que permite a alteração imediata do plano de investigação, caso o estudante julgue necessário), apontadas na literatura, foram concretizadas.

O professor 3 acha que o problema dos sensores usados é que eles são muito difíceis de serem operados. Por causa disso, se gasta muito tempo na fase de familiarização com o sensor. Não é possível passar todo o tempo necessário para a familiarização com os sensores em uma sala de aula. Ele e Bia gastaram semanas para conseguir as condições ideais de funcionamento do sensor de posição. O professor 3 concorda com as principais vantagens apontadas na literatura sobre o uso de sensores. Porém, ele fez novamente a ressalva do tempo de familiarização.

O professor 2 ajudou Bia na última apresentação de experimento dela na escola e ela foi muito bem. Foi uma das únicas que obteve nota máxima, porque foi exigido que se elaborasse um relatório (que ela aprendeu no projeto) e que se estabelecessem relações entre os conceitos envolvidos. O professor 2 explicou o experimento para ela e sugeriu que, na apresentação, ela envolvesse os colegas.

Ela ficou muito feliz de ter conseguido apresentar e ganhar nota máxima. Sua percepção foi de que muita coisa que ela usou, inclusive no jeito de apresentar ou de falar, ela aprendeu no projeto.

A contribuição do trabalho de Bia é, segundo ela, principalmente para os estudantes que vão continuar o trabalho dela. O professor 3 considera que Bia conseguiu excelentes resultados, precisos e corretos, para um trabalho de BIC-Jr. Ele também acredita que Bia aprendeu muito sobre queda livre e o trabalho com o sensor de posição foi de grande ajuda. Já sobre os pêndulos, ela consegue se virar bem na parte experimental, mas tem dificuldade na teoria. A maior dificuldade de Bia foi a falta de base teórica. Bia domina a montagem e a operação com os sensores. O professor 3 considera que ela entende como trabalhar com sensores.

Na quinta entrevista, Bia relatou que os primeiros testes com a bolinha de madeira foram feitos para saber se os resultados com a mesma eram próximos dos resultados com a esfera de metal. Bia considerou que o resultado foi muito bom, pois a média dos valores de k era entre 5,1 e 5,3 m/s^2 . Ela respondeu prontamente que k é igual à metade da aceleração da gravidade.

Para analisar os aprendizados conceituais de Bia na atividade, foi mostrado a ela um vídeo onde um astronauta na Lua faz o experimento da queda de corpos de massas diferentes no vácuo (FEATHER, 2009). O astronauta solta, simultaneamente, uma pena e um martelo e ambos caem no chão ao mesmo tempo. Ela achou que o martelo cairia primeiro, pois a massa dele é maior. Isso é crítico, pois o principal resultado do experimento que ela propôs é que a aceleração de queda não depende da massa, desconsiderando a resistência do ar. Mesmo sabendo que não há atmosfera na Lua, ela continuou achando estranho. Ela achava que corpos de maior

massa caem mais rápido. O professor 1 fez, então, todo o desenvolvimento conceitual com ela de que a massa interfere no peso e não na aceleração e que, portanto, os dois corpos terão o mesmo movimento. Ela pareceu ter entendido, apesar de ainda não parecer convencida. O professor 1 perguntou se não era isso que ela tinha visto com o experimento da queda de corpos e ela disse que não.

Para ela, a esfera de madeira caía com uma aceleração um pouquinho menor. O professor 1 perguntou se ela achava que essa diferença encontrada era devido à força de atrito com o ar e ela respondeu que não tinha pensado nisso. Pensando na hora, ela respondeu que a força de atrito pode ser causadora da diferença sim. O professor argumentou que a massa de ferro era dez vezes maior que a da madeira e ela, então, voltou a pergunta para o professor: por que deu diferença então?

O professor 1 insistiu na explicação, dizendo que a gravidade da Terra é aproximadamente $9,8\text{m/s}^2$, a da Lua é $1,6\text{m/s}^2$ e a de Júpiter é $26,4\text{m/s}^2$. O que aconteceria se o experimento fosse realizado em Júpiter? Ela respondeu que cairiam os dois juntos também, mas não entendeu quando o professor falou que cairiam mais rápido que aqui ou na Lua. O professor teve que explicar que a aceleração de lá era maior novamente.

Por considerar que Bia havia entendido que a aceleração de queda dependia do valor da gravidade no local, o professor 1 perguntou a ela se dependia também da massa e ela respondeu que sim. Veio mais uma sequência de conversa e, desta vez, Bia entendeu que o que interfere num movimento de queda é a aceleração da gravidade e a resistência do ar e não a massa.

Passando para os conceitos relacionados aos outros experimentos desenvolvidos por Bia, com o sensor de força (sistema massa-mola), ela respondeu prontamente

que o período é o tempo gasto para dar uma oscilação completa. Porém, não foi capaz de dizer de quais grandezas dependia o valor do período, falando inclusive que ele depende da amplitude. Ela também não reconheceu a dependência do valor do período com a massa do objeto. O professor 1 escreveu a equação do período do sistema massa-mola, da qual ela não se lembrava, e ela conseguiu entender que o período depende da massa e da constante elástica. O professor também teve que explicar porque essa dependência era não linear.

Bia demonstrou pouco desenvolvimento no que se refere aos conceitos físicos estudados em sua atividade. O experimento com as esferas não se mostrou eficiente em fazer com que Bia percebesse a não relação entre a aceleração da gravidade e a massa do corpo em queda. As evidências de que Bia tinha um domínio conceitual abaixo do esperado ou do necessário para a atividade que ela desenvolvia dão suporte para a hipótese de que havia uma contradição entre o sujeito e os artefatos mediadores, como representado pela contradição 4 na figura 9. Essa contradição se encontra entre esses dois elementos da atividade porque Bia deveria utilizar os conceitos e teorias como mediação de sua interação com o objeto da atividade, mas ela não os conhecia a ponto de fazer esse uso. Apesar disso, Bia demonstrou compreender todos esses aspectos durante a entrevista, o que pode ser um sinal de que a atividade com os sensores proporcionou a ela condições para que isso acontecesse.

As possibilidades 6 e 7 apontam que um dos potenciais do uso de SAATD é facilitar a alteração das condições de contorno para checar hipóteses e possibilitar o estudo de fenômenos complexos, permitindo um controle maior da prática pelos estudantes. A atividade de Bia traz indicadores que, em fenômenos que pareciam não ser complexos, houve muita dificuldade de controlar as variáveis para checar as

hipóteses criadas. Com isso, Bia ficou sem controle da atividade, o que foi agravado pelo desconhecimento dos princípios de funcionamento dos SAATD e pelo alto grau de autonomia dado a ela. Pode-se considerar que as **possibilidades 6 e 7** não foram verificadas.

Não foram encontrados indicadores diretos de concretização da **possibilidade 12** (desenvolver o pensamento crítico e criativo do estudante), apontada na literatura. O desenvolvimento do pensamento crítico e criativo relaciona-se aos momentos em que houve um avanço no comportamento autônomo dos estudantes na condução dos experimentos.

André demonstrou controle e autonomia no desenvolvimento do experimento com o sensor de pressão, em que ele mediu a taxa de escapamento de ar em função da variação da pressão na seringa. Bia teve um maior controle e entendimento da prática ao calibrar e trocar o sensor de força, ao detectar o problema com a haste do mesmo ao medir a tensão em um pêndulo oscilatório e em uma atividade de determinação do coeficiente de atrito cinético entre as superfícies de uma caixa e de uma tábua inclinada.

É importante frisar que o controle, a autonomia e o entendimento da prática apresentados pelos estudantes não parecem ter sido proporcionados pelos SAATD utilizados, ou seja, esse comportamento não parece ter relação com a **possibilidade 7** (possibilitar o estudo de fenômenos complexos como os que envolvem grande número de variáveis, permitindo um controle maior da prática pelos estudantes), apontada na literatura e sim com uma mudança de postura, consequência do nível de engajamento próximo do compreensivo e do adequado grau de autonomia dado aos estudantes.

5 Conclusão

Esta pesquisa foi orientada por cinco questões apresentadas no capítulo de introdução. Essas questões estavam relacionadas a um objetivo principal, que foi analisar a utilização de sistemas automáticos de aquisição e tratamento de dados (SAATD) em um ambiente de aprendizagem escolar, buscando verificar se as possibilidades apontadas na literatura se concretizam nesse ambiente, assim como analisar fatores que dificultam a criação de oportunidades de aprendizagem no desenrolar das atividades investigadas.

A primeira questão de pesquisa nos levou a listar as possibilidades apontadas na literatura para a utilização de SAATD no ensino de Física, o que nos permitiu responder a quarta questão de pesquisa (em que medida as possibilidades apontadas na literatura se concretizam na realização de uma atividade prática de Física que utilize SAATD?). As possibilidades encontradas na literatura foram, em sua maioria, identificadas nos dois casos estudados. Foram apresentadas evidências de que, das doze possibilidades, sete foram concretizadas: **possibilidade 1** (facilitar a coleta e a repetição da coleta de dados, reduzindo o tempo gasto e aumentando a quantidade de dados obtidos e analisados); **possibilidade 2** (favorecer que os estudantes dediquem mais tempo à formulação do problema da atividade ou à discussão dos resultados obtidos); **possibilidade 3** (permitir o desenvolvimento de certas habilidades como utilizar alguns programas de computador, trabalhar com o SAATD, fazer cálculos estatísticos, construir e interpretar gráficos, entender erros aleatórios e sistemáticos, etc.); **possibilidade 5**

(possibilitar a coleta de dados de fenômenos rápidos, como os que acontecem em frações de segundos, o que seria inviável manualmente); **possibilidade 8** (promover a coleta de dados em tempo real, o que permite a alteração imediata do plano de investigação, caso o estudante julgue necessário); **possibilidade 10** (promover a interação dos estudantes com tecnologias envolvendo o computador e a inclusão digital); **possibilidade 11** (permitir que o estudante realize atividades mais parecidas com as realizadas em um laboratório de pesquisa em Física).

Foi evidenciado também que três das possibilidades não foram concretizadas: **possibilidade 4** (aproximar o estudo da física à realidade estudada, por trabalhar com dados produzidos a partir de experimentos reais); **possibilidade 6** (facilitar a alteração das condições de contorno para checar hipóteses); **possibilidade 7** (possibilitar o estudo de fenômenos complexos como os que envolvem grande número de variáveis, permitindo um controle maior da prática pelos estudantes).

De acordo com as evidências produzidas, pode-se concluir que a **possibilidade 9** (propiciar maior precisão e confiabilidade das medidas obtidas) foi parcialmente concretizada, pois André realizou um experimento com o sensor de pressão e considerou que as medidas feitas por esse instrumento eram precisas, com a ressalva de que era preciso respeitar as condições de operação do SAATD. Porém, Bia considerou que a não confiabilidade do sensor era exatamente uma de suas desvantagens. Não foram encontradas evidências diretas da **possibilidade 12** (desenvolver o pensamento crítico e criativo do estudante), mas pode-se dizer que essa possibilidade foi concretizada na atividade com sensores, especialmente nos momentos em que os estudantes apresentaram um maior controle do processo. No caso de André, isso se deu durante o experimento do comportamento de um gás dentro de uma seringa; no caso de Bia, quando ela se envolveu com a calibração do

sensor de força e o processo de sua substituição, assim como o desenvolvimento do experimento de medida do coeficiente de atrito entre duas superfícies.

A utilização de SAATD em atividades práticas, portanto, pode ser considerada, como é afirmado por vários autores, como de grande potencial para a geração de oportunidades de aprendizagem. Esse potencial, entretanto, não deve ser confundido com uma promessa de resolução dos problemas encontrados na sala de aula. Existem vários fatores que precisam ser considerados na utilização desses sistemas para que as possibilidades apontadas sejam concretizadas. Além disso, a utilização de SAATD também impõe limitações na atividade, ao trazer outras dificuldades que não as encontradas normalmente, como a necessidade de reproduzir as condições ideais de funcionamento dos sensores. Isso nos leva à quinta questão de pesquisa: que fatores dificultam a criação de oportunidades de aprendizagem em um ambiente escolar constituído por atividades práticas com SAATD?

As condições de realização de medidas com os sensores se revelaram complexas. Na primeira fase, implicaram em operações que se mostraram além das possibilidades dos bolsistas, levando à produção de resultados muito distantes do esperado. Isso gerou frustração e desmotivação, dissociação entre sentido e significado da atividade, fez com que a autonomia na condução dos experimentos se tornasse mais uma fonte de dificuldade e dispersão. Nas diferentes fontes de dados (observação participante, diários de bordo e entrevistas) foi possível obter evidências de engajamento predominantemente operacional, que não tiveram continuidade, pois as ações e operações realizadas, do ponto de vista dos estudantes, faziam pouco sentido.

Ainda na primeira fase do projeto, o objeto da atividade deixou de ser um fenômeno físico, escolhido pelos estudantes, para ser o próprio SAATD de posição. Embora tal modificação tenha sido negociada em reuniões de planejamento do trabalho, estudar as condições de uso do sensor não se revelou uma atividade com sentido para os estudantes. A postura de Bia na terceira entrevista evidencia aspectos importantes relacionados à afetividade e à subjetividade de cada sujeito participante do sistema. Nos momentos em que as emoções afloram, obtêm-se indicadores valiosos do sentido que a atividade tem para os estudantes e da proximidade entre sentido e significado.

Cavalcante e Tavolaro (2000) apresentaram algumas dificuldades de adaptação de professores ao uso de SAATD no ensino de Física que reforçam os resultados encontrados nesta investigação. Dentre os vários aspectos mencionados, destacam-se o despreparo para a manipulação de sensores e análise de dados e a atribuição, por professores e estudantes, do mito de uma precisão absoluta a sistemas digitais. As autoras salientam a importância da compreensão sobre os valores de erro apresentados pelos *softwares* dos SAATD e de uma interpretação adequada da resolução fornecida pelos sistemas.

Na segunda fase do projeto, observou-se uma evolução no sistema de atividade, onde os SAATD ocupavam ora o lugar de objeto de estudo, ora o de artefato mediador. Com o grau de autonomia mais adequado, os estudantes ficaram menos confusos no desenvolvimento da atividade e, talvez, como consequência disso, apresentaram um nível de engajamento cada vez mais próximo do compreensivo. Isso, porém, não é sinal de que os sensores passaram a responder como o esperado. A atividade de Bia, principalmente, mostra vários problemas em ajustar os sensores de posição e de força. O primeiro especificamente apresentou condições

de operação muito delicadas e limitadoras, de forma que ficaram impossibilitadas algumas montagens que não atendiam a essas condições.

Todas essas dificuldades nos fazem refletir sobre a **possibilidade 10**, apontada pela literatura, a respeito da interação dos estudantes com novas tecnologias e a inclusão digital. A inserção dessas tecnologias na escola deve ser realizada de modo que suas condições de operação sejam bem conhecidas, proporcionando-se ao professor tempo suficiente para se familiarizar com o equipamento e efetivamente tornar-se capaz de concretizar suas possibilidades. Aprendemos que esse processo pode tomar um tempo considerável, para que se reduzam as dificuldades e percalços a serem enfrentados na atividade. Desconhecer essas condições pode resultar em uma interação negativa com tais tecnologias, o que teria como consequência a não utilização posterior das mesmas.

Essa reflexão nos leva a responder a terceira questão de pesquisa (como os estudantes avaliam as suas vivências em uma situação de aprendizagem com SAATD e o seu aprendizado nesse processo?). Pode-se considerar que André mantém sua visão inicial de que a participação num projeto como o realizado é uma oportunidade a ser aproveitada. Ele demonstra considerar que aprendeu muito nesse projeto e que considera valiosa a sua participação. Bia parece ter mudado radicalmente sua opinião ao longo da realização da atividade. Ela disse que se inscreveu por acaso, mas demonstrou um interesse inicial, que logo foi substituído pela opinião de que era perda de tempo ficar estudando sensores que não despertavam seu interesse. Na segunda fase do projeto, Bia foi se apropriando dos objetivos da atividade, aproximando o sentido que ela atribuía às ações ao significado das mesmas, o que a levou a aproximar seu nível de engajamento a um nível compreensivo. Bia considera e dá sinais de que teve um rico aprendizado e de

que tem uma visão muito positiva de sua participação, apesar da falta de interesse pela área de Física, na qual estava inserido o projeto com sensores.

Foi feita, na quinta entrevista com cada um dos estudantes, uma série de perguntas buscando evidenciar o aprendizado deles com relação aos conceitos físicos relacionados à atividade de cada um. André demonstrou certo desenvolvimento e aprendizado, apesar de haver evidências de que ele poderia ter se desenvolvido mais. Podemos considerar que houve aprendizado e que isso é significativo considerando as dificuldades encontradas em sua atividade.

O mesmo pode ser considerado no caso de Bia, pois, apesar de ter demonstrado um desenvolvimento mais limitado, ela apresentou certas apreensões do que foi estudado. Essa apreensão, mesmo que menor que o desejado, torna-se relevante quando se comparam os seus estágios de desenvolvimento ao iniciar o projeto e ao seu final. Esse avanço menor que o esperado deve também ser relativizado, pois pode ser evidência de que os conceitos com os quais Bia lidou são difíceis de serem apreendidos, visto que a noção que se tem no senso comum de que objetos com maior massa caem com aceleração maior é muito forte.

Outro conceito difícil de ser apreendido e que foi trabalhado pelos estudantes é o de erros de medida. André e Bia demonstraram uma evolução no conceito de erro, mas essa evolução se deu de formas muito distintas para eles. André demonstrou um desenvolvimento não linear, oscilante, trabalhando ora com o senso comum, ora com o conceito correto. Bia parece ter se desenvolvido menos do que o esperado para uma estudante que trabalhou com o conceito durante um ano, mas ela demonstra sinais de avanço quando diz que se a medida fosse aproximadamente a

mesma repetidamente e se fosse pelo menos próxima do valor esperado, era sinal de que o SAATD estava em bom funcionamento.

É possível afirmar que ambos os estudantes se desenvolveram e tiveram aprendizados conceituais relevantes, considerando-se inclusive o depoimento de ambos de ter utilizado esses aprendizados em suas vidas escolares. Pode ser afirmado também que os SAATD, em si mesmos, não foram um fator de engajamento dos estudantes, especialmente pelas dificuldades operacionais encontradas na sua utilização em um laboratório com equipamentos convencionais. As dificuldades de operação encontradas não desafiaram os estudantes. A mudança na forma de orientação, reduzindo-se o grau de autonomia e negociando de forma mais detalhada as ações a serem realizadas, proporcionou uma aproximação entre o sentido atribuído à atividade e seu significado. A presença mais frequente do orientador, sanando dificuldades, delimitando um problema passível de ser estudado com o sensor, proporcionou apropriação do significado das ações realizadas por parte dos estudantes e conseqüentemente, um deslocamento de um engajamento operacional para compreensivo.

A segunda questão de pesquisa (é possível analisar, através da teoria da atividade de Leontiev, um ambiente de aprendizagem constituído a partir do uso de SAATD?) nos levou ao estudo da teoria da atividade e sua concomitante aplicação ao pesquisar e orientar a atividade do projeto de iniciação científica Jr.

O diagrama do sistema de atividade proposto por Engeström (1987) foi utilizado como instrumento de descrição e estruturação da atividade. Possibilitou uma visualização dinâmica na relação entre alguns dos elementos mediadores da interação sujeito-objeto, a participação da comunidade, as questões ligadas à

autonomia na forma de acompanhamento dos estudantes. A discussão das contradições envolvendo esses elementos procurou contemplar o caráter sistêmico da atividade e as influências mútuas entre todos os componentes. A análise destacou as mudanças no objeto e nos sentidos pessoais atribuídos pelos estudantes à atividade, em que medida esses sentidos se aproximavam do significado da atividade e as consequências dessa relação para a evolução do sistema.

Com base nos trabalhos de Leontiev, Duarte (2004) destaca a relação complexa entre motivo e objeto da atividade, resultando em uma estrutura psicológica também complexa. Afirma que a relação mediada entre ação e motivo deve ser traduzida no âmbito da consciência individual. O sentido da ação é dado por aquilo que liga, na consciência do sujeito, o conteúdo da ação ao motivo da atividade na qual essa ação está inserida. A elaboração desse sentido se dá dentro de uma coordenação de diversas ações envolvendo outros sujeitos, em uma atividade que é coletiva. Os aspectos afetivo-emocionais ligam-se ao sentido da atividade. Uma das formas de alienação seria resultado de uma dissociação entre o significado das ações dentro de uma atividade e o sentido a elas atribuído.

O motivo que leva um sujeito a realizar certa atividade expressa o sentido pessoal que ele atribui a esta atividade e esse sentido não necessariamente se vincula ao significado das ações concretizadas. O caso de Bia expressa essa dissociação, que explica seu engajamento operacional na atividade, isto é, no nível das ações e operações. André apresenta um nível de engajamento que se aproxima do compreensivo, isto é, no nível da atividade como um todo, evidenciado pela compreensão que demonstra sobre a estrutura e funcionamento do sensor. No entanto, as dificuldades operacionais com o sensor de posição impediram o estudo

de movimentos mais complexos. Isso afastou o projeto das suas expectativas de trabalhar a Física em um plano menos ideal, dificultando a emergência de um engajamento compreensivo.

O grau de aproximação entre os motivos iniciais (sentido pessoal) dos estudantes e o significado da atividade com o SAATD explicam, em parte, os diferentes níveis de engajamento apresentados. Nas primeiras semanas do projeto, o sensor foi tratado pelos professores como uma ferramenta para estudo de fenômenos físicos mais complexos e interessantes. Eles esperavam que, na medida em que os estudantes pudessem escolher movimentos reais a ser investigados, formular questões sobre esses movimentos e produzir resultados, explorando o potencial do SAATD, o nível de engajamento seria crescente, tornando-se compreensivo. O significado da atividade e o sentido atribuído pelos estudantes às ações propostas paulatinamente se aproximariam e direcionariam suas ações para resultados mais elaborados, dentro de um processo progressivamente formador e construtor de sua autonomia.

Outros fatores devem ainda ser considerados na análise, especialmente como o sistema de atividade se insere na instituição federal e nas relações que André e Bia estabeleceram entre sua atividade e os demais aspectos de sua vida escolar. André quis aproveitar a oportunidade oferecida pela instituição federal de participar de um programa de bolsas de iniciação científica Jr., mas a própria instituição não ofereceu a ele uma situação objetiva adequada, exigindo uma carga horária pesada em seu curso e, com isso, dificultando seu engajamento na atividade com SAATD. Bia foi selecionada para um projeto que a aceitava como estudante da rede estadual, mas numa área que não era de seu interesse.

Quanto o vínculo institucional dos estudantes, por meio de uma bolsa, influenciou sua permanência no projeto? Ainda que o plano de trabalho fosse sistematicamente discutido e reavaliado com os bolsistas, como as relações de poder influenciaram as tomadas de decisão e a possibilidade efetiva dos estudantes de interferir nos rumos do projeto? São questões ainda em aberto no momento da redação dessa conclusão, que demandam retorno aos dados e resultados apresentados e uma compreensão mais aprofundada da Teoria da Atividade. As reflexões emergentes da redação desse texto atestam a complexidade das relações entre elementos internos e externos ao sistema de atividade, entre elementos internos e externos relativos a cada participante dele e a repercussão dessas relações na constituição do motivo que engaja cada participante de um sistema de atividade.

Especificamente no caso do Programa de Iniciação Científica Jr. temos evidências que destacam a importância do processo de escolha pelos estudantes dos diferentes projetos. Possivelmente, a forma de escolha implica inicialmente, para uma grande parte dos projetos, um engajamento operacional, considerando a maturidade dos estudantes e o efetivo conhecimento que têm do tema do projeto escolhido. Por isso, a forma de acompanhamento na etapa inicial e a adequação do grau de autonomia ao nível de engajamento dos estudantes são elementos fundamentais para o bom desenvolvimento do projeto. A reflexão sobre esse resultado nos inspira a propor uma seleção para o programa que parta de questões trazidas pelos estudantes e não de problemas e planos de trabalho propostos pelo professor-pesquisador.

As possibilidades dos SAATD foram identificadas principalmente quando eles se constituíram em artefato mediador da atividade; os limites, quando se constituíram em objeto.

O nível de engajamento dos estudantes e a autonomia a ser conferida dependem da delicada vinculação entre sentido e significado da atividade e se as ações propostas expressam um nível de dificuldade que desafie os estudantes e não os paralise ou leve a resultados que os deixem perdidos, sem referências. Esses aspectos influenciaram fortemente o nível de engajamento: se operacional, no nível das ações e operações, se compreensivo, no nível da atividade como um todo.

A transformação do SAATD de posição de mediação para objeto da atividade, com as consequências relatadas, mostra que a introdução de uma tecnologia desconhecida no ambiente escolar pode ser marcada por muitas dificuldades. No caso dos SAATD, as condições de operação do sistema são aspectos de grande importância para sua utilização efetiva em atividades práticas no laboratório, nas quais ele cumpra o papel de artefato mediador com as possibilidades destacadas na literatura.

Moreira (2001), referindo-se aos trabalhos de Cuban⁵, discute um "padrão em ciclos consecutivos de introdução de novas tecnologias na escola, que resultaram em fracassos [...]" (MOREIRA, 2001, p. 7). O ciclo proposto por Cuban tem início em promessas de desenvolvedores da tecnologia, como mostrado na figura 10. O que acontece em seguida é que os professores não incorporam essa nova tecnologia por completo e, conseqüentemente, não há melhorias pedagógicas. Isso faz com que os promotores criem justificativas para a não eficiência das tecnologias, como, por exemplo, dizer que o problema foi a falta de preparação ou resistência dos professores em utilizar as mesmas. Por não haver questionamentos a respeito dessas justificativas e pela recorrência de resultados negativos, a culpa do processo ineficiente cai finalmente nas tecnologias. Com isso, inicia-se um novo ciclo, com

⁵ CUBAN, L. **Teachers and Machines**: The Classroom Use of Technology Since 1920. 1986.

novas promessas de desenvolvedores motivadas pela ineficiência das tecnologias anteriores.

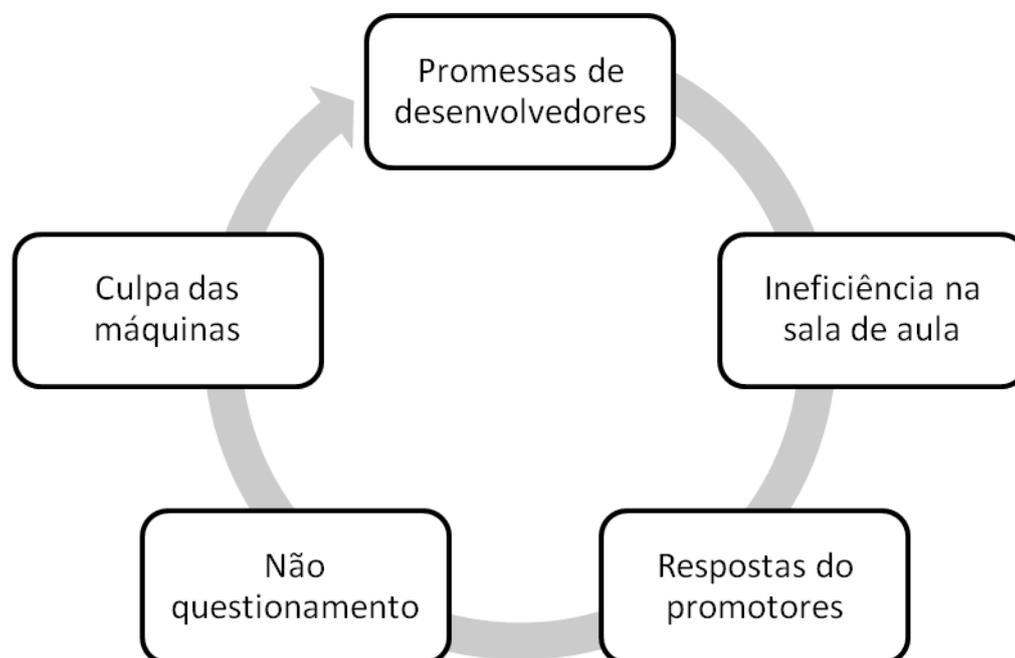


Fig. 10: Ciclo de introdução de novas tecnologias na escola, de acordo com Cuban, citado por Moreira (2001).

Os defensores dessas novas tecnologias argumentam que houve aprendizado com os erros nas tecnologias anteriores. A realização dessa investigação destacou que uma possível lição não aprendida está em subestimar as condições de operação de cada tecnologia recém chegada no espaço escolar e, especialmente, o tempo e o suporte necessários para que o professor dela se aproprie.

Referências

AGUIAR, C. E.; LAUDARES, F. Aquisição de Dados Usando Logo e a Porta de Jogos do PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 4, 2001.

_____. In: ZYLBERSZTAJN, A.; OLIVIERI, C. A.; VEIT, E.; STUDART, N. (Orgs.). **Coleção Explorando o Ensino: Física**. Brasília: MEC - Secretaria de Educação Básica, v. 7, 2005. p. 140-153.

ANDRÉ, M. E. D. A. **Etnografia da Prática Escolar**. 3ª ed., Campinas, SP: Papyrus, 1999.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.4, n.3, 2004.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.25, n.2, 2003.

BARBETA, V. B.; MARZZULLI, C. R. Experimento Didático para Determinação da Velocidade de Propagação do Som no Ar, Assistido por Computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.22, n.4, 2000.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.19, n.3, 2002.

_____. In: ZYLBERSZTAJN, A.; OLIVIERI, C. A.; VEIT, E.; STUDART, N. (Orgs.). **Coleção Explorando o Ensino: Física**. Brasília: MEC - Secretaria de Educação Básica, v. 7, 2005. p. 30-45.

CARRASCOSA, J. et al. Papel de la actividad experimental en la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.23, n.2, 2006.

CAVALCANTE, M. A. et al. Proposta de um Laboratório Didático em Microescala Assistido por Computador para o estudo de Mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 21, n. 1, 1999.

CAVALCANTE, M. A. et al. O Estudo de Colisões através do Som. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, 2002.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Estudo do lançamento horizontal utilizando métodos computacionais para a aquisição de dados. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.14, n.3, 1997.

_____. Cuidados na Utilização de Sistemas de Aquisição de Dados no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.22, n.2, 2000a.

_____. Projete Você Mesmo Experimentos Assistidos por Computador: Construindo Sensores e Analisando Dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 3, 2000b.

_____. Medindo a Velocidade do Som. **Física na Escola** (suplemento da Revista Brasileira de Ensino de Física), São Paulo, v. 4, n. 1, 2003.

_____. Ondulatória e acústica através de experimentos assistidos por computador. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas. **Atas...** Jaboticatubas: Sociedade Brasileira de Física, 2004. Disponível em: <[HTTP://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/atas](http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/atas)>. Acesso em 15 jun. 2009.

_____. Medir a velocidade do som pode ser rápido e fácil. In: ZYLBERSZTAJN, A.; OLIVIERI, C. A.; VEIT, E.; STUDART, N. (Orgs.). **Coleção Explorando o Ensino: Física**. Brasília: MEC - Secretaria de Educação Básica, v. 7, 2005. p. 154-156.

COLE, M.; ENGESTRÖM, Y. A cultural-historical approach to distributed cognition. In: SALOMON, G. (Ed.) **Distributed Cognition**. Cambridge: University Press, 1997, p. 1-46.

DUARTE, N. Formação do indivíduo, consciência e alienação: o ser humano na psicologia de A. N. Leontiev. **Caderno Cedes**, Campinas, v. 24, n. 62, 2004.

ENGESTRÖM, Y. The Emergence of Learning Activity as a Historical Form of Human Learning. In: _____. **Learning by expanding: an activity-theoretical approach to development research**. cap.2. Helsinki, Finland: Orienta-konsultit, 1987, p. 1-78. Disponível em: <<http://lchc.ucsd.edu/MCA/Paper/Engestrom/expanding/toc.htm>>. Acesso em: 11 abr. 2008.

_____. Activity theory and individual and social transformation. In: ENGESTRÖM, Y; MIETTINEN, R; PUNAMÄKI, R-L (Orgs.). **Perspectives on activity theory**. cap. 1. New York: Cambridge University Press, 1999, p. 19 – 38.

FARIA, A. F. **Engajamento de estudantes em atividade de investigação**. 2008. 119p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FEATHER & Hammer Drop on Moon. **YouTube**. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=5C5_dOEyAfk>. Acesso em: 28 jun. 2009.

FIGUEIRA, J. S.; VEIT, E. A. Usando o Excel para medidas de intervalo de tempo no laboratório de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 3, 2004.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 3, 2003.

FREDRICKS, J. A.; BLUMENFELD, P. C.; PARIS, A. H. School engagement: potential of the concept, state of the evidence. **Review of Educational Research**, Washington, v. 74, n.1, 2004.

GOMES, A. D. T. et al. Formação e desenvolvimento das habilidades relativas ao processo de investigação científica mediado por sensores. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2., 1999, Valinhos. **Atas...**, Valinhos: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 1999. 1 CD-ROM.

GRALA, R. M.; OLIVEIRA, E. S. Medindo a Velocidade do Som no Ar. **Física na Escola** (suplemento da Revista Brasileira de Ensino de Física), São Paulo, v. 6, n. 2, 2005.

HAAG, R. Utilizando a Placa de Som do Micro PC no Laboratório Didático de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 2, 2001.

HAAG, R.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Por que inserir a aquisição automática de dados no laboratório de Física?. **Física na Escola** (suplemento da Revista Brasileira de Ensino de Física), São Paulo, v.6, n.5, 2005.

HODSON, D. Experiments in science and science teaching. **Educational Philosophy & Theory**, London, v. 20 n. 2, 1988. p. 53-66.

_____. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las ciencias**: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, Barcelona, v. 12, n. 3, 1994. p. 47-56.

IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N.; ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. **Enseñanza de las ciencias**: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, Barcelona, v. 17, n. 1, 1999. p. 45-59.

LAUDARES, F.; LOPES, M. C. S. M.; CRUZ, F. A. O. Usando sensores magnéticos em um trilho de ar. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 3, 2004.

LEONTIEV, A. N. **Activity, Consciousness and Personality**. Tradução para o inglês do original em russo: Marie J. Hall. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall. 1978. Disponível em: <<http://www.marxists.org/archive/leontev/works/1978/index.htm>>. Acesso em: 24 Jun. 2009.

MAGALHÃES, M. G. M. et al. Utilizando Tecnologia Computacional na Análise Quantitativa de Movimentos: Uma Atividade para Estudantes do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.2, 2002.

_____. _____. In: ZYLBERSZTAJN, A.; OLIVIERI, C. A.; VEIT, E.; STUDART, N. (Orgs.). **Coleção Explorando o Ensino: Física**. Brasília: MEC - Secretaria de Educação Básica, v. 7, 2005. p. 133-139.

MAGNO, W. C.; MONTARROYOS, E. Decodificando o Controle Remoto com a Placa de Som do PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 4, 2002.

MAGNO, W. C. et al. Realizando experimentos didáticos com o sistema de som de um PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 1, 2004.

MARINELI, F.; PACCA, J. L. A. Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes num laboratório didático de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.28, n.4, 2006.

MILLAR, R. A means to an end: the role of processes in science education. In: WOOLNOUGH, B. (ed.), **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991. Cap. 5.

MONTARROYOS, E.; MAGNO, W. C. Aquisição de Dados com a Placa de Som do Computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 1, 2001.

MOREIRA, A. F. Controvérsias sobre o uso do computador na escola. **Revista Educação & Tecnologia**, Belo Horizonte, v. 6, n. 1/2, 2001.

MOREIRA, A. F.; GUIMARÃES, A. R. M. O caráter verificacionista (?) do laboratório estruturado. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6., 2007, Florianópolis. **Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis: ABRAPEC. 2007.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T.; OSTERMANN, F. “História e epistemologia da física” na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos estudantes sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.29, n.1, 2007.

MOSSMANN, V. L. et al. Determinação dos Coeficientes de Atrito Estático e Cinético Utilizando-se a Aquisição Automática de Dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.2, 2002.

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

PONTELO, I.; MOREIRA, A. F. A teoria da atividade como referencial de análise de práticas educativas. In: Seminário Nacional de Educação Profissional e Tecnológica, 1., 2008, Belo Horizonte. **Anais....** Belo Horizonte: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<http://www.senepet.cefetmg.br>>. Acesso em: 11 Mar. 2009.

RIBAS, R. V.; SOUZA, A. F.; SANTOS, N. Um Sistema de Aquisição de Dados de Baixo Custo para o Laboratório Didático. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 20, n. 3, 1998.

RODRIGUES, B. A. **O ensino de ciências por investigação em escolas da rede pública**. 2008. 200p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

ROTH, W-M. Activity Theory and Education: an introduction. **Mind, Culture and Activity**. California, v. 11, n. 1, 2004.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.20, n.1, 2003.

SIAS, D. B.; RIBEIRO-TEIXEIRA, R. M. Resfriamento de um corpo: a aquisição automática de dados propiciando discussões conceituais no laboratório didático de

Física no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.23, n.3, 2006.

SILVA, W. P. et al. Um software para experimentos sobre batimento de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.21, n.1, 2004.

SOKOLOFF, D. R.; LAWS, P. W.; THORNTON, R. K. RealTime Physics: active learning labs transforming the introductory laboratory. **European Journal of Physics**, 28, 2007. p.83-94.

SOUZA, D. F. et al. Aquisição de Dados e Aplicações Simples Usando a Porta Paralela do Micro PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 20, n. 4, 1998.

SYNERGY SOFTWARE. **KaleidaGraph**: graphing and data analysis software for macintosh and windows. 2007. Disponível em: <<http://www.synergy.com>>. Acesso em: 27 Jul. 2009

TAMIR, P. Practical work in school: an analysis of current practice. In: WOOLNOUGH, B. (ed.), **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1990. Cap. 2.

WERTSCH, J. V. Units of psychological functioning: consciousness, word meaning, and action. In: _____. **Vygotsky and the social formation of mind**. Cambridge: Harvard University Press, 1985. Cap. 7.

WHITE, R. T. The link between the laboratory and learning. **International Journal of Science Education**, v.18, n.7, 1996. p. 761-774.

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

ANEXO A – Lista de afirmações sobre o trabalho em laboratório

Logo da instituição retirado	COORDENAÇÃO DE LABORATÓRIO DE FÍSICA - FICHA DE AFIRMAÇÕES SOBRE O LABORATÓRIO DE FÍSICA ⁶
------------------------------	---

Essa ficha objetiva levantar a sua opinião sobre as atividades desenvolvidas no laboratório de Física. Você deverá posicionar, numa escala de cinco pontos, a extensão de sua concordância ou discordância com cada afirmação. Cada número tem o seguinte significado: discordo fortemente (1); discordo (2); sem opinião (3); concordo (4); concordo fortemente (5). Contamos com sua colaboração e, desde já, obrigado!

Nº	Afirmações	Escala de Concordância				
		1	2	3	4	5
1.	Ao fazer as práticas de Física eu tenho a oportunidade de aprender a utilizar algum instrumento ou técnica de laboratório específica.	1	2	3	4	5
2.	Os resultados de um experimento reforçam a visão de que o que aprendo na escola tem pouca aplicação na solução de problemas reais e concretos.	1	2	3	4	5
3.	O pesquisador sempre está condicionado, em sua atividade, pelas hipóteses que intui sobre o problema investigado.	1	2	3	4	5
4.	As atividades práticas não são interessantes porque tanto o problema quanto o procedimento para resolvê-lo estão previamente determinados.	1	2	3	4	5
5.	Um experimento que não dá certo possibilita aprender um pouco mais sobre o processo de medir e interpretar.	1	2	3	4	5
6.	As atividades que realizo no laboratório conferem um peso excessivo à observação, colocando em segundo plano minha imaginação.	1	2	3	4	5

⁶ As afirmações constantes nessa ficha foram extraídas de dois trabalhos que utilizaram um instrumento semelhante: MOREIRA; GUIMARÃES, 2007; MOREIRA et al., 2007.

7.	As atividades práticas não são interessantes porque, ao final, não compreendo o significado de tudo que foi realizado.	1	2	3	4	5
8.	O modo como a ciência produz conhecimento segue necessariamente a seqüência: observação de fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões, generalização.	1	2	3	4	5
9.	Quando o experimento produz resultados fora do esperado, isso significa que a atividade prática não deu certo.	1	2	3	4	5
10.	Falta ligação entre os conceitos físicos discutidos na sala de aula e as atividades que realizo no laboratório.	1	2	3	4	5
11.	Na prática de Física cria-se a oportunidade para que eu aprenda a construir e interpretar gráficos.	1	2	3	4	5
12.	Tudo aquilo que não é passível de comprovação experimental não pode receber a designação de conhecimento científico.	1	2	3	4	5
13.	As atividades que realizo no laboratório são muito semelhantes ao que um cientista faz em seu laboratório de pesquisa.	1	2	3	4	5
14.	Na prática de Física procuram-se ilustrar idéias e conceitos aprendidos nas aulas teóricas.	1	2	3	4	5
15.	Qualquer investigação científica sempre parte de conhecimentos teóricos para só depois realizar uma testagem experimental.	1	2	3	4	5
16.	No laboratório de Física buscamos testar uma lei científica.	1	2	3	4	5
17.	Quando dois cientistas observam os mesmos fatos, eles devem chegar obrigatoriamente às mesmas conclusões.	1	2	3	4	5
18.	Não existe uma relação entre as atividades práticas e as outras atividades que vivencio fora do laboratório para aprender Física	1	2	3	4	5
19.	Se o resultado de uma prática foge da expectativa, fico com o sentimento de que gastei muito tempo e pouco aprendi sobre o fenômeno.	1	2	3	4	5
20.	Existem investigações científicas que dispensam a realização de experimentos.	1	2	3	4	5

21.	Numa atividade prática o que importa é chegar a uma resposta certa.	1	2	3	4	5
22.	As afirmações científicas e os enunciados científicos são necessariamente verdadeiros e definitivos.	1	2	3	4	5
23.	No laboratório de Física, o professor propõe que eu descubra ou formule uma lei sobre um fenômeno específico.	1	2	3	4	5
24.	Uma das razões do laboratório de Física não ser motivador está no pouco tempo dedicado a análise e interpretação dos resultados.	1	2	3	4	5
25.	Problemas científicos diferentes podem requerer diferentes seqüências no desenvolvimento das etapas do método de investigação.	1	2	3	4	5
26.	Os resultados da atividade prática deixam-me com dúvida sobre a validade das teorias que aprendi sobre o fenômeno estudado.	1	2	3	4	5

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)