

Atividade com aquisição automática de dados: quando a mediação se torna objeto¹

Activity with automatic data acquisition: when mediation becomes object

Ivan Pontelo¹, Adelson Moreira²,

1 - CEFET-MG / Mestrado em Educação Tecnológica, ipontelo@gmail.com

2 - CEFET-MG / Mestrado em Educação Tecnológica / Coordenação de Ciências ,
adelson@deii.cefetmg.br

Resumo

O objetivo desta investigação é analisar, tendo como referência a Teoria da Atividade, de Leontiev, fatores que se destacam no desenvolvimento de uma atividade de Iniciação Científica Júnior, envolvendo a utilização de sistemas automáticos de aquisição e tratamento de dados. Um dos professores orientadores do projeto exerceu também o papel de observador participante. Foram realizadas entrevistas com os estudantes e produzidos relatórios e diários de bordo. O motivo de cada sujeito ao participar da atividade é um aspecto relevante para que haja um maior engajamento e um maior desenvolvimento da autonomia do mesmo. A complexidade das operações com os sistemas de aquisição de dados deve ser levada em conta ao se considerar a sua inserção na realização de atividades práticas de Física no contexto escolar. A complexidade do sistema de posição utilizado implicou que ele deixasse de ser um artefato mediador da atividade para se constituir em objeto da mesma, com repercussões significativas relacionadas ao nível de autonomia dado aos estudantes e à sua compreensão e posicionamento quanto aos motivos da atividade.

Palavras-chave: laboratório baseado em microcomputador; ambientes de aprendizagem; teoria da atividade.

Abstract

The goal of this investigation is to analyze, referring to Leontiev's Activity Theory, the relevant factors in a Junior Scientific Initiation activity development involving automatic systems of data acquisition and treatment. One of the teachers, who supervised the activity, accomplished the role of participant observer. Interviews, students' reports and diaries and a research diary provided the data for analyze. When the subject participates in an activity, his or her motive is a relevant aspect for engagement and autonomy development. The complexity of operations using data acquisition system must be considered when the aim is to insert these tools in physics practical activities in school context. The position system complexity resulted in its change from mediating artifact to activity object, with important consequences in students' autonomy degree and in their understanding and attitudes referring to activity's motive.

¹ Apoio FAPEMIG e CEFET -MG

Keywords: microcomputer based lab; learning environments; activity theory.

Introdução

Com o advento do computador e sua disseminação nos meios educativos, criou-se a possibilidade de serem utilizados sensores de aquisição de dados acoplados a um sistema de tratamento dos mesmos. Os sistemas automáticos de aquisição e tratamento de dados (SAATD) foram então incorporados ao leque de possíveis ferramentas para a organização e o desenvolvimento de atividades práticas de Física.

Há indicadores de uma utilização crescente de atividades práticas nas aulas de Física no Brasil (ARAÚJO & ABIB, 2003), entendendo que isso não significa necessariamente a realização de experimentos de bancada (BORGES, 2002; HODSON, 1988; TAMIR, 1990). Há também 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 (ARAÚJO & ABIB, 2003). Além do pequeno número de investigações sobre a utilização de SAATD, essas se encontram ainda distantes do trabalho nas escolas (ARAÚJO & VEIT, 2004).

O uso de SAATD pode ser de grande valia para a realização de uma atividade prática, encontrando-se na literatura diferentes motivos para sua utilização. Esses sistemas reduzem o tempo gasto na coleta de dados, facilitando sua repetição e aumentam a quantidade de dados obtidos e analisados. Isso faculta aos estudantes a dedicação de mais tempo à formulação do problema da atividade e à discussão dos resultados obtidos, assim como ao desenvolvimento de certas habilidades como utilizar alguns programas de computador. Outras vantagens apontadas por trabalhos sobre SAATD são aproximar o estudo da física à realidade estudada e oportunizam um controle maior da prática pelos estudantes. (BORGES, 2002; CAVALCANTE et al., 1999; CAVALCANTE & TAVOLARO, 2000; GOMES et al., 1999; HAAG et al., 2005; SIAS & RIBEIRO-TEIXEIRA, 2006; SOKOLOFF et al., 2007).

São apresentados neste artigo os resultados parciais de uma investigação cujo objetivo específico é o de analisar a utilização de SAATD em um ambiente de aprendizagem, verificar a concretização das possibilidades apontadas na literatura, assim como apontar e discutir fatores que dificultam a criação de oportunidades de aprendizagem no desenrolar das atividades investigadas. A investigação tem como objetivo geral contribuir para promover a inserção no ambiente escolar dessa tecnologia assim como o aprofundamento do debate sobre essa temática.

Dois estudantes do Programa de Bolsas de Iniciação Científica Júnior² (BIC-Jr.), implementado em um Centro Federal de Educação Tecnológica, foram acompanhados ao longo dos cinco primeiros meses de desenvolvimento do projeto 'Experimentos de Física com aquisição automática de dados'. Os resultados obtidos dialogam com a seguinte questão: que fatores se destacaram no desenvolvimento das ações dos bolsistas com o SAATD de posição, tendo como referência a Teoria da Atividade, de Leontiev?

² Programa financiado pela FAPEMIG, em moldes semelhantes à Iniciação Científica, porém destinado a estudantes do Ensino Médio. Tem, portanto, como principal objetivo iniciar estudantes desse nível de ensino em atividades de pesquisa.

Teoria da Atividade

Na análise dos processos psicológicos, Leontiev (1981) argumenta que é preciso superar a relação direta entre estímulo e resposta. Para isso, ele propõe a categoria 'atividade com objetos'. Assim, a relação entre estímulo e resposta está mediada pela atividade do sujeito e as relações nessa tríade são constituídas pelas suas condições, objetivos e meios. Leontiev aponta a “necessidade” como uma condição interna para que ocorra a atividade humana. Toda atividade tem uma necessidade que a constitui, ou seja, é preciso uma razão, um motivo para que a atividade aconteça. Portanto, toda atividade está intrinsecamente ligada a um motivo. O motivo se liga estreitamente ao objeto da atividade. Conseqüentemente, não existe uma atividade sem objeto.

A atividade objetiva é realizada através 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 de uma atividade são estimuladas pelo motivo da mesma, mas estão dirigidas aos seus objetivos próprios (LEONTIEV, 1981). Cada ação pode ser realizada de diversas maneiras. A essas maneiras é dado o nome de operação. Portanto, para alcançar um determinado objetivo, o sujeito realizará uma ação através de várias operações. Assim como as ações se relacionam com seus objetivos, as operações são relacionadas às condições de realização dessa ação (LEONTIEV, 1981, OLIVEIRA, 1997).

As “unidades” da atividade humana (atividade, ações e operações) não devem ser estudadas em separado, ou seja, é preciso levar em conta as relações internas que as caracterizam e também as relações entre as unidades, 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 objetiva está estreitamente ligada aos papéis vividos em sociedade, pois tal atividade é o que consolidará o sujeito no meio social em que está inserido: (...) “a sociedade produz a atividade que forma seus indivíduos” (LEONTIEV, 1981).

Para destacar essa 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. 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 uma transformação de uma atividade adaptativa para uma atividade produtiva, cujo processo envolve trocas, distribuição e consumo. Todos esses elementos estão expressos no diagrama da figura 1, 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.

Os elementos do diagrama expressam diferentes mediações e salientam que indivíduos são constituídos em 'comunidades'. As relações entre sujeito, objeto e comunidade são mediadas pelo conjunto completo de 'artefatos mediadores' desse grupo. Além desses artefatos mediadores, é preciso considerar ainda 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 (COLE & ENGESTRÖM, 1997).

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 conferem ao diagrama de Engeström um caráter dinâmico (ROTH, 2004). 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 (ROTH, 2004). O triângulo de Engeström captura, portanto, a estrutura da atividade, mas uma estrutura inerentemente dinâmica sujeita a mudanças contínuas em suas partes, em suas relações e mesmo a uma modificação global.

Materiais e Métodos

Para a realização desta investigação, 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. 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. A unidade de análise foi o sistema de atividade constituído no desenvolvimento do projeto de iniciação científica. 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 uma primeira problematização dos dados de pesquisa proporcionados pelo diário de bordo e referenciar o roteiro das entrevistas realizadas com os estudantes.

As entrevistas foram realizadas 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. Foram realizadas três entrevistas, sendo a primeira logo na abertura dos trabalhos. Essa teve como objetivo principal acessar as concepções dos estudantes com relação ao trabalho em laboratório. Foi organizada uma lista de afirmações sobre esse ambiente, abordando aspectos como o papel do erro e da teoria, as funções dos participantes de uma atividade de laboratório e as metodologias científicas. Os estudantes

analisaram essas afirmações, concordando ou discordando, e comentando as que julgassem relevantes.

A segunda entrevista ocorreu após a apresentação dos primeiros resultados na Mostra Específica de Trabalhos de Aplicações (META), evento bianual do Centro Federal aberto à participação de todos os estudantes. Já havia se passado dois meses e meio de trabalho. Nessa entrevista, o objetivo principal foi observar quais aspectos os estudantes consideravam ter aprendido no processo. A terceira entrevista ocorreu no encerramento dos trabalhos do segundo semestre de 2007. A investigação seria retomada em janeiro do ano seguinte. Essa entrevista teve três objetivos norteadores: que os estudantes contassem a história do trabalho; que eles falassem sobre os objetos da atividade; e que eles analisassem novamente a lista de afirmações sobre o laboratório, buscando identificar semelhanças, diferenças e complementações em comparação com a primeira entrevista.

A análise do diário de bordo produzido pelos estudantes teve como objetivo trabalhar com uma terceira fonte de dados que pudesse revelar as suas visões, valores e os significados 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.

Estrutura e histórico do sistema de atividade

Analizando o processo através do diagrama de Engeström, foram constituídos dois sistemas de atividade. Em cada um deles um dos estudantes ocupa o lugar de sujeito. Essas atividades devem ser analisadas separadamente, pois o foco de análise é a unidade dialética sujeito-objeto (ROTH, 2004).

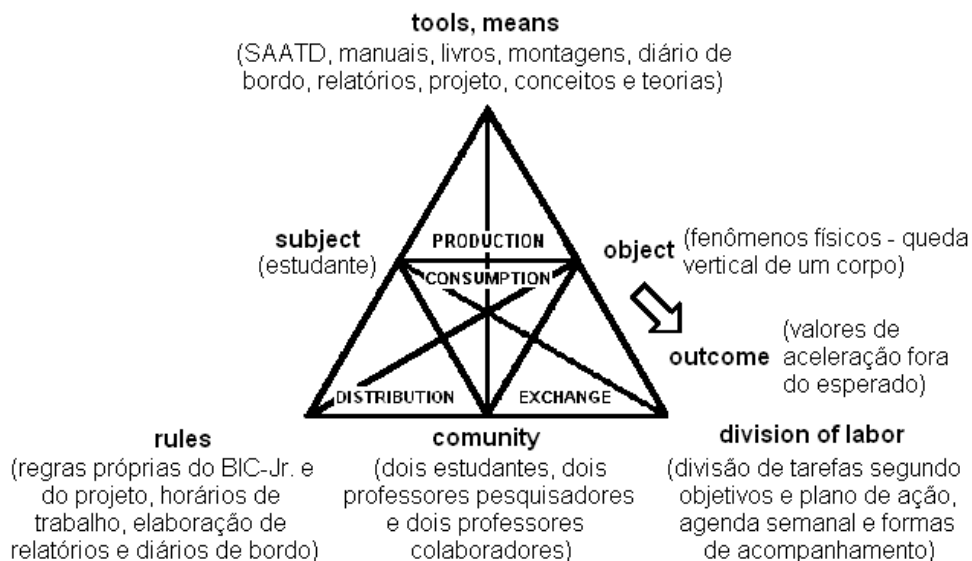


Fig. 1: Diagrama de Engeström de elementos de representação do sistema de atividade aplicado à situação pesquisada.

Nos sistemas de atividade de cada estudante (fig. 1), a comunidade foi constituída pelos estudantes, 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, segundo objetivos e plano de ação do projeto, a agenda semanal de ações e as formas de acompanhamento, que buscou conferir aos estudantes um alto grau de autonomia.

Os estudantes bolsistas de Iniciação Científica Junior, doravante nomeados como estudantes ou bolsistas, foram selecionados mediante análise de histórico escolar e entrevista. Candidataram-se ao projeto 'Experimentos de Física com aquisição automática de dados' 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 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 no Centro Federal de Educação Tecnológica, a que pertencem os professores orientadores de projetos.

Os estudantes se candidataram ao referido projeto conhecendo previamente os seus objetivos e o plano de trabalho. Os objetivos propostos eram os seguintes: 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.

O plano de trabalho envolvia as seguintes ações: estudo dos manuais dos sensores e da interface de aquisição e processamento dos dados; escolha de uma situação física a ser investigada; formulação de um problema relativo à situação escolhida indicando as variáveis a serem medidas e relacionadas; elaboração de hipóteses sobre o comportamento dessas variáveis; montagem do experimento para abordar o problema e verificar as hipóteses elaboradas; realização do experimento e tratamento dos resultados processados pela interface; apresentação e análise dos resultados com a discussão das hipóteses propostas; elaboração de um conjunto de orientações que possibilite a repetição do experimento por estudantes e professores, assim como de questões que levem à formulação de novos problemas a serem investigados com os dispositivos utilizados; produção de um diário de bordo para subsidiar a reflexão ao longo do processo de trabalho, a tomada de decisões e a elaboração do relatório final.

A primeira ação realizada pelos estudantes foi a de explorar os SAATD com o objetivo de familiarização com esses sistemas. 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. Depois de uma análise inicial dos dados coletados pelos estudantes, verificou-se a não conformidade dos resultados obtidos com os esperados. 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 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.

A complexidade das condições de realização das ações envolvendo o SAATD de posição fez com que a atividade fosse desviada de seu motivo inicial, pois o que antes era uma ação (familiarização com os princípios de funcionamento do SAATD de posição) se tornou o motivo da atividade. 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, pois o SAATD, antes ferramenta de mediação, passou a ser objeto da atividade, com conseqüências no nível de engajamento dos estudantes e nas implicações que o alto nível de autonomia dos estudantes trouxe para todo o processo.

Resultados

Para a apresentação e análise das entrevistas, foram utilizados nomes fictícios para os estudantes, André (A) e Bia (B). Nas transcrições P se refere ao professor 1. Serão apresentados os dados da segunda e terceira entrevistas, recuperando, quando necessário, aspectos da primeira.

2ª entrevista

Os estudantes haviam feito um relatório de toda a atividade até o momento. Foi feita então uma reunião para discutir esse relatório e para tentar ter acesso a algumas concepções, como a visão que eles tinham sobre o erro e o que eles consideravam ter aprendido durante o processo.

André disse ter sido uma escolha interessante insistir nos experimentos com o sensor de posição, 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 não diria que foi divertido. Ao serem perguntados sobre o que consideravam ter aprendido, os estudantes não manifestaram qualquer reação. Essa postura e a afirmação de André de que não foi divertido insistir nas medidas com o sensor de posição foram interpretadas como uma evidência de um sentimento por parte dos estudantes de frustração e de ausência de progresso ao longo do processo.

Bia relatou que o professor 2 tentou trabalhar com ela o procedimento de linearização de um gráfico de distância x tempo, referente a um movimento uniformemente acelerado. Embora não tivesse entendido o que falara o professor 2, disse o contrário para que ele não insistisse na explicação. Essa fala sugere falta de interesse em compreender as operações que estavam sendo realizadas na atividade. Em vários outros momentos, explicitados pela estudante nas entrevistas, Bia deixou de perguntar as dúvidas, reforçando a interpretação de que teve pouco engajamento na atividade.

3ª entrevista:

No dia dessa entrevista aconteceram imprevistos que dificultaram a realização do encontro. Os dois estudantes atrasaram por motivos 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 atraso grande. Desconhecendo os motivos, somente revelados depois, 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 e as conseqüências dos mesmos.

Bia disse que ficou sabendo do programa de BIC-Jr. por acaso. Procurou mais informações e fez a inscrição em dois projetos, sem que isso significasse interesse efetivo pelos trabalhos. Afirmou ter dado preferência a outro projeto, mas foi encaminhada para o projeto com sensores. As razões desse encaminhamento devem-se ao fato de que nem todos os projetos são abertos à participação de estudantes da rede estadual. André disse ter entrado no projeto porque quis aproveitar as oportunidades que o Centro Federal proporciona aos estudantes. Deu preferência ao projeto de sensores porque era relacionado ao seu Curso Técnico de Mecatrônica e porque gostava muito de Física. A escolha casual de Bia e, ao contrário, o interesse inicial de André podem ter sido fatores relevantes para os diferentes níveis de engajamento apresentados pelos estudantes.

No fim do primeiro encontro com os estudantes, em agosto, o professor 1 apresentou os sensores com os quais eles iriam trabalhar. As falas evidenciaram que os estudantes desconheciam quase por completo e não se interessavam pela estrutura e funcionamento dos dispositivos que deveriam se constituir na principal ferramenta de mediação da atividade.

No início do projeto, as medidas do movimento de corpos em queda vertical eram realizadas com o propósito de se obter 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. Porém, ela não se importava em não entender, apenas aceitando os cálculos de André e acreditando que eles estavam certos. Isso foi expresso em outras situações, na entrevista e no diário de bordo de Bia, como, por exemplo, na determinação da inclinação do gráfico linearizado distância x (tempo)².

Comparando a experiência de participar da atividade com sensores e a experiência anterior num laboratório de Biologia, Bia disse que o laboratório era legal, mas que ela participava por obrigação, enquanto que a atividade com sensores ela escolheu participar. Essa fala de Bia é incoerente com a anterior, em que diz ter entrado no projeto por acaso. Alguns fatores podem estar relacionados a essa incoerência que expressa contradições internas à atividade: escolher sem um melhor conhecimento dos motivos propostos para cada projeto; dificuldade de compreensão sobre operações importantes, especialmente as de tratamento dos dados, reforçada pela obtenção de resultados não esperados. Deve-se considerar ainda, que, no início da entrevista, a manifestação de Bia pode ter sido bastante influenciada pelo seu desapontamento com a reprovação do professor 2 referente ao seu atraso. O desenvolvimento da entrevista pode ter diminuído esse nível de insatisfação com a situação e possibilitado uma visão mais positiva do processo. Ao longo da entrevista, a discussão sobre o vivido pode ter acrescentado novos elementos. 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, o que é indicador de certo nível de engajamento.

Ao falar da orientação recebida dos professores do projeto, relacionando principalmente ao aspecto da autonomia dada a eles, os estudantes disseram que se eles tivessem criado a idéia e elaborado o projeto, o grau de autonomia seria adequado. Porém, como eles entraram num projeto pronto, que já tinha a estrutura e o motivo pré-determinados, o grau de autonomia conferido a eles foi excessivo.

Na segunda parte da entrevista, o professor 1 pediu que os estudantes dissessem tudo o que sabiam sobre os sensores. Sobre o sensor de posição, segue a transcrição:

1. (...) A – E o de posição que envia ondas...
2. B – O de posição é “O de posição”.
3. A – Envia uma onda de ultra-som para frente, até um metro e meio, não pega a... Por que ele não pega a menos de quarenta? Menos de quarenta centímetros?
4. P – Por quê, que ele não pega quarenta centímetros?
5. A – Não, eu não sei não, sério mesmo. Não sei por quê que não pega não.

Insistiu na pergunta buscando uma resposta definitiva sobre o limite inferior de medida, de 40 cm.

6. A – Mas isso é uma coisa que não tem como a gente descobrir.
7. P – Tem como descobrir. Tem que estudar.
8. 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 refere ao que acontece dentro dele para transformar os sinais obtidos em dados.

9. (...) P – E o que mais que vocês sabem dos sensores?
10. B – Já acabou!
11. P – Como já acabou? E sobre o funcionamento?
12. A – Que envia ondas em tempos diferentes. O quê que você quer saber sobre o funcionamento?
13. P – O quê que ele mede, pra quê que ele serve?
14. A – Ah, ele mede distância e tempo...
15. B – Ele serve pra jogar no lixo. Pra guardar poeira.
16. A – Ele mede a distância do objeto.
17. (...) P – Uai, em quais situações que ele funciona? Quais fenômenos que ele consegue medir?
18. A – Uai, nenhum!
19. P – Nenhum?
20. A – Uai, certo não.
21. B – Se a gente soubesse a gente não estava quebrando a cabeça.
22. A – Ele pode medir tudo quanto é coisa, mas vai estar errado.
23. P – Ele pode medir todos os movimentos?
24. A – É, não é não?
25. P – Será?
26. A – Sei lá, um que haja movimento retilíneo.

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

Silêncio.

28. *P – Tem restrições, gente.*

29. *A – Quais restrições?*

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

31. *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.

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

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

34. *P – Isso.*

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

36. *(...) 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.*

A ênfase dada por Bia na linha 2 destaca o nível de investimento que foi dado ao sensor de posição, que deixou de ser mediação para ser objeto da atividade e talvez o sentimento de falta de retorno desse investimento. As falas de André, ao longo de todo o trecho transcrito, indicam que ele avançou na compreensão inicial da estrutura e funcionamento do sensor e na compreensão de o que seria o objeto da atividade. André se mostra mais seguro quanto aos conhecimentos adquiridos, o que contrasta com o silêncio diante da pergunta, na segunda entrevista, sobre o que se aprendeu durante o processo. Bia demonstrou não atribuir qualquer utilidade ao sensor ou não acreditar que ele fosse capaz de fazer medidas confiáveis.

André demonstrou resistência em trabalhar com idealização de situações físicas, o que pareceu deixá-lo insatisfeito e desmotivado com o estudo. Isso expressa uma contradição interna, pois o experimento com sensores deveria possibilitar um nível menor de idealização das situações estudadas, o que não ocorreu com o sensor de posição. Durante toda a entrevista, pôde-se perceber que Bia não teve o mesmo envolvimento que André na atividade. Isso pôde ser verificado nos momentos em que Bia disse ter dúvidas, mas não buscou saná-las, na desvalorização dos objetos da atividade e em suas atitudes.

Conclusão

O diagrama de Engeström se mostrou um valioso instrumento de descrição e estruturação da atividade. Possibilitou uma visualização dinâmica de todo o sistema quando se considera a unidade dialética sujeito-objeto e suas relações com os demais elementos do sistema, assim como as contradições internas que evidenciam o seu caráter sistêmico, de influências mútuas entre todos os componentes. No presente trabalho, o foco encontra-se sobre a mudança no objeto e no motivo da atividade e suas conseqüências para a evolução do sistema.

A aproximação entre os motivos iniciais dos estudantes e o motivo inicial da atividade com o SAATD explicam, em parte, os diferentes níveis de engajamento apresentados. Na etapa inicial, o sensor foi tratado pelos professores como uma

ferramenta para estudo de fenômenos físicos mais complexos e interessantes. Eles esperavam que, na medida em os estudantes pudessem escolher movimentos reais a serem investigados, formular questões sobre esses movimentos e produzir resultados explorando o potencial do SAATD, o engajamento seria crescente. O motivo da atividade, externo aos estudantes, seria paulatinamente assumido por eles e direcionaria suas ações para resultados mais elaborados, dentro de um processo progressivamente formador e construtor de sua autonomia.

As condições de realização de medidas com o sensor de posição se revelaram complexas. 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, dificultou que os estudantes assumissem o motivo da atividade, fez com que a autonomia na condução dos experimentos se tornasse mais uma fonte de dificuldade e dispersão.

O objeto da atividade deixou de ser um fenômeno físico, escolhido pelos estudantes, para ser o próprio SAATD de posição. Embora tais modificações tenham sido negociadas em reuniões de planejamento do trabalho, estudar as condições de uso do sensor não se revelou como atividade significativa para os estudantes. A postura de Bia, na última entrevista, evidencia aspectos importantes relacionados à afetividade e à subjetividade de cada sujeito participante do sistema.

Cavalcante e Tavoraro (2000) apresentaram algumas dificuldades de adaptação de professores ao uso de SAATD no ensino de Física que dialogam com 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. 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 à realização de um experimento é também um objetivo das atividades práticas.

O engajamento dos estudantes em uma atividade e a autonomia a ser conferida dependem da medida em que os estudantes assumiram o motivo da atividade e se as ações propostas expressam um nível de dificuldade que os desafiem e não os paralisem ou levem a resultados que os deixem perdidos, sem referências. A transformação do SAATD de posição de mediação para objeto da atividade, com as conseqüências 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, que não devem ser colocados em segundo plano e que podem ser determinantes para o sucesso das atividades realizadas.

Referências

ANDRÉ, M. E. D. A., 1999. *Etnografia da Prática Escolar*. Campinas, SP: Papirus, 3ª ed. 128p.

ARAUJO, I. S. & VEIT, E. A., 2004. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. *Revista da Abrapec*, v.4, n.3.

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

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

CAVALCANTE, M. A. & TAVOLARO, C. R. C., 2000. 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.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; CAETANO, A. S. C. & SILVA, E., 1999. 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.

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

GOMES, A. D. T.; SILVA, M. V. D.; BORGES, A. T. & BORGES, O. N., 1999. Formação e desenvolvimento das habilidades relativas ao processo de investigação científica mediado por sensores. Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.

ENGESTRÖM, Y., 1987. *Learning by expanding: an activity-theoretical approach to development research*. Helsinki, Finland: Orienta-konsultit. cap.2, 1 -78. Acesso em abril de 2008: <http://lchc.ucsd.edu/MCA/Paper/Engestrom/expanding/toc.htm>.

HAAG, R.; ARAUJO, I. S. & VEIT, E. A., 2005. Por que inserir a aquisição automática de dados no laboratório de Física?. *Física na Escola*, v.6, n.5.

HODSON, D., 1988. Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy & Theory*, 20 (2), 53-66.

LEONTIEV, A. N., 1978. Activity and Consciousness. In: LEONT'EV A. N. *Activity, consciousness, and personality*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. cap. 4, p. 75-95. Acesso em (04/2008): <http://communication.ucsd.edu/MCA/Paper/leontev/index.html>

LEONTIEV, A. N., 1981. The Problem of Activity in Psychology. In: WERTSCH, J. V. (Ed.) *The concept of activity in soviet psychology*. New York: M. E. Sharpe. Inc. p. 37-71.

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

ROTH, W-M., 2004. Activity Theory and Education: an introduction. *Mind, Culture and Activity*, California, n. 11(1), p. 1-8. Disponível em: www.periodicos.capes.gov.br

SIAS, D. B. & RIBEIRO-TEIXEIRA, R. M., 2006. 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*, v.23, n.3.

SOKOLOFF, D. R.; LAWS, P. W. & THORNTON, R. K., 2007. RealTime Physics: active learning labs transforming the introductory laboratory. *European Journal of Physics*, 28, S83-S94.

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