

RESOLUÇÃO DE QUESTÕES CONCEITUAIS EM FÍSICA: INDÍCIOS DA EMERGÊNCIA DE MINICICLOS EXPANSIVOS**RESOLUTION OF CONCEPTUAL ISSUES IN PHYSICS: INDICATIONS OF THE EMERGENCY OF EXPANSIVE MINICYCLES****Douglas Henrique de Mendonça¹, Orlando Aguiar Jr²**¹Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal / douglasmdonca@ufv.br²Universidade Federal de Minas Gerais / orlando@fae.ufmg.br**Resumo**

Este trabalho tem por objetivo compreender o surgimento das tensões no contexto da atividade de resolução coletiva de problemas conceituais em física, e examinar os caminhos trilhados, pelos estudantes, para superação de tais tensões. A coleta de dados foi realizada em uma instituição federal de ensino superior. A disciplina acompanhada tem como objetivo rever e aprofundar os principais conceitos básicos de física, e suas aplicações em contextos. A análise do material empírico é fundamentada nos aportes teóricos e metodológicos provenientes dos princípios da Teoria Sócio Histórico e Cultural da Atividade. Tal referencial possibilita a compreensão da atividade com sendo formada por um conjunto de eventos que extrapolam a análise do indivíduo, incluindo novos elementos que relacionam o sujeito da atividade com o contexto em que se realiza (motivos, recursos, comunidade e regras). Dentre nossos resultados destacamos a importância das discussões que emergem por meio do trabalho com questões desafiadoras e o seu desenvolvimento enquanto atividade em grupo. Tal ambiente de aprendizagem propiciou o surgimento de miniciclos de aprendizagem potencialmente expansivos. O estudo tem implicações para a formação de professores e, ainda, para a construção de ambientes de aprendizagem em física em diferentes níveis de ensino.

Palavras-chave: Ensino de Física; Problemas conceituais; Teoria da Atividade; Aprendizagem em grupo.

Abstract

The aims of this paper is to study the emergence of tensions in the context of the collective conceptual problem solving in physics, and the paths taken, by the students, to overcome such tensions. Data collection was performed at a federal institution of higher education. We followed the routine of a course which aims to review and deepen the main basic concepts of physics, and their applications in contexts. The analysis of the empirical material is based on theoretical and methodological contributions of the Cultural Historical Activity Theory (CHAT). This framework makes it possible to understand the activity as it is formed by a set of events that go beyond the analysis of the individual, including new elements that relate the context of the activity (motives, resources, community and rules). Among our results, we highlight the importance of discussions brought by challenging problems and its development as a group activity, which led to the emergence of minicycles of potentially expansive learning. The study has implications for teacher

education and also for the design of learning environments in physics at different levels of education.

Keywords: Physics teaching; Conceptual Problems; Activity Theory; Group learning.

Introdução

Esta pesquisa envolve o estudo de um ambiente de ensino superior construído de forma a favorecer o trabalho em pequenos grupos de estudantes, nos quais os processos interativos entre eles são ferramentas fundamentais para desenvolvimento das atividades propostas pelo professor. A principal motivação pela investigação de tal ambiente de pesquisa tem origem na crença de que a melhoria da educação passa também pelo aumento do protagonismo dos estudantes na sala de aula.

A pesquisa está fundamentada nos princípios da Teoria Sócio Histórico e Cultural da Atividade (TA), que nos últimos anos vem se mostrando bastante útil para análise dos processos educacionais (MOREIRA & PONTELO, 2009; MOREIRA ET AL., 2011; RODRIGUES ET AL., 2011; SILVA, 2011; VIEIRA & KELLY, 2014; DAVID & TOMAZ, 2015, ROTH, 2004). Segundo a TA, o processo de evolução da atividade envolve o esforço de uma comunidade, seguindo regras e organizando seu trabalho afim de superar necessidades que impulsionaram a emergência da atividade. Nessa perspectiva, o sujeito em interação com os artefatos mediadores, buscam superar anseios e/ou objetivos, sendo que eventuais transformações expansivas, ou ciclos expansivos de ações de aprendizagem podem acontecer (ENGESTRÖM & SANNINO, 2010). Um ciclo expansivo seria acompanhado de inúmeros miniciclos potencialmente expansivos de ações de aprendizagem Estes miniciclos são objeto da microanálise das atividades que ocorrem dentro da sala de aula.

Este trabalho é parte dos desdobramentos de uma tese de doutorado na qual buscamos compreender como se estrutura e se desenvolve atividade de resolução de questões conceituais, em grupo, e dentro da sala de aula. A análise dos miniciclos de aprendizagem potencialmente expansivos é o foco do presente trabalho, no qual estamos interessados em compreender o fenômeno de surgimento das tensões no contexto da atividade de resolução coletiva de problemas conceituais em física.

Referencial Teórico

A Teoria Sócio-Histórico-Cultural da Atividade – ou simplesmente TA, considera as atividades humanas como essencialmente coletivas e compõem sistemas de atividade dinâmicos e potencialmente transformadores (WERTSCH, 1981). Embora histórica e culturalmente determinados, estes sistemas de atividade podem promover mudanças no mundo (do ponto de vista material e social) e, ao mesmo tempo, mudanças nos indivíduos que fazem parte deles (do ponto de vista cognitivo e moral) (ENGESTRÖM, 2016).

Segundo Leontiev (1981) a atividade humana consiste em sujeitos engajados em um mesmo propósito (objeto). O que distingue uma atividade de outra é seu objeto, uma vez que ele caracteriza a direção específica da atividade. A

relação entre sujeito e objeto se dá pela utilização de artefatos mediadores, tal como discutido nos princípios vigotskianos (VIGOTSKI, 2008). Engeström (1987) apresenta um modelo para atividade humana que incorpora e amplia a estrutura apresentada por Leontiev, na qual ele adiciona além do sujeito, objeto e artefatos mediadores, as regras, divisão do trabalho e a comunidade que participa da atividade. Além disso, Engeström argumenta que toda atividade está conectada a outras atividades, por meio de um de seus componentes – sujeito, objeto, artefato mediador, regras, divisão de trabalho e comunidade – ou por meio de múltiplos componentes, formando um sistema de atividades.

As contradições que permeiam a atividade são essenciais em sua teoria, sendo estas impulsionadoras de mudanças na atividade, possibilitando a emergência de transformações expansivas. As transformações expansivas ocorrem quando o objeto da atividade sofre modificações de modo a incorporar um universo de possibilidades ainda maior que o anterior, superando contradições postas até então. A emergência das contradições, embora essencial, não garante que a atividade sofra uma expansão. É o esforço dos sujeitos engajados na atividade que potencializam a efetivação de sua superação, alcançando uma posição mais estável na atividade, até que uma emergja uma nova contradição, gerando um ciclo de atividade potencialmente expansivo.

Engeström e Sannino (2010) argumentam que um ciclo de atividade expansivo acontece em intervalos de tempo relativamente longos, de semanas ou meses; entretanto, eles são acompanhados de numerosos ciclos menores, que eles chamaram de miniciclos de aprendizagem potencialmente expansivos. Como demonstraremos neste trabalho, os miniciclos podem ocorrer em curtos intervalos de tempo. Assim, cabe ao pesquisador (e ao professor, quando presencia tais eventos) perceber nos momentos de intensa colaboração entre os sujeitos, a emergência das contradições e as tentativas de superação das mesmas.

Metodologia

A coleta de dados para esta pesquisa ocorreu no primeiro semestre de 2017, quando realizamos o acompanhamento sistemático de duas disciplinas do curso de Física – Física Conceitual I e II. Tal acompanhamento envolveu a imersão do primeiro autor deste trabalho no ambiente de pesquisa, participando de forma passiva, sem envolvimento na elaboração das aulas ou nos diálogos que ocorriam durante o trabalho em grupo dos estudantes.

As disciplinas Física Conceitual I e II são voltadas para os estudantes de Licenciatura em Física e têm como objetivo rever e aprofundar os principais conceitos básicos de Física que podem ser abordados no Ensino Médio. Estas disciplinas estão presentes da grade do Bacharelado como disciplinas optativas. Física Conceitual I aborda os tópicos: mecânica da partícula e do corpo rígido; propriedades da matéria - sólidos e fluidos; física térmica. A segunda disciplina, Física Conceitual II, aborda os tópicos: oscilações e ondas; eletromagnetismo; óptica; física quântica; estrutura atômica e nuclear; teoria da relatividade.

No primeiro dia de aula, a turma é dividida em grupos de 4 a 5 alunos, e tais grupos devem permanecer inalterados ao longo de todo o semestre. Em cada aula, é entregue um questionário que deverá ser respondido pelo grupo e entregue no final da aula. As respostas às perguntas do questionário devem ser formuladas de forma a serem entendidas por estudantes do Ensino Médio. A cada aula, um dos

integrantes do grupo é o relator, ou seja, o responsável pela produção escrita das respostas.

O livro Física Conceitual, de Paul Hewitt¹, é utilizado como livro-texto principal, e os temas das aulas da disciplina são distribuídos com base em seus capítulos. O livro se destaca, dentre outras, por trabalhar a Física de forma predominantemente conceitual. Relações matemáticas são apresentadas, mas com pouco enfoque em procedimentos algébricos e resolução numérica de exercícios. Os problemas apresentados no final do capítulo seguem a lógica de continuidade de uma discussão mais voltada para a aplicação conceitual da Física na interpretação de fenômenos e processos físicos familiares aos estudantes.

Durante a aula, o professor fica disponível em sua mesa para tirar dúvidas dos grupos. Em diversos momentos da aula, ele circula pelos grupos acompanhando o trabalho dos mesmos. Ele faz questão de sempre devolver o relatório dos estudantes na aula seguinte, o que permite que eles revejam pontos problemáticos das aulas anteriores e progridam nos próximos relatórios. Essa estratégia didática tem impactos significativos no trabalho dos grupos, posto que os estudantes se empenham em compreender e atender às expectativas do professor.

Os dados coletados envolveram gravações em áudio e vídeo das aulas e coleta da produção escrita dos estudantes. Trazemos para este texto um episódio ocorrido durante a 5ª aula da turma de Física Conceitual II, na qual apresentamos a transcrição e análise de parte da discussão sobre uma das questões reservadas para o dia.

Análise dos dados

O episódio apresentado neste trabalho aconteceu na quarta aula da disciplina de Física Conceitual 2, na qual o tema em estudo era o de ondas sonoras. Ao todo, o questionário continha 8 questões, e o episódio tem início após Diana² realizar a leitura da questão para seu grupo. Na Figura 1 apresentamos o texto da questão, tal como os estudantes o receberam.

O som em um show de uma banda de rock atinge o nível sonoro de 120 dB no palco. Faça suposições razoáveis e estime esse nível sonoro a 10 m e a 100 m do palco.

Figura 1: Quarta questão

A questão abordada neste episódio é típica das atividades desta sala de aula: um problema geral é proposto acompanhado de uma indicação de que sejam feitas suposições e estimativas para sua solução. Nesta formulação, cabe ao grupo decidir, em primeiro lugar, quais os dados relevantes do contexto para a resolução do problema proposto. Tal questão é bastante diferenciada se comparada a outras encontradas tradicionalmente nos livros texto das disciplinas de física, que tipicamente tentam definir claramente as condições, constantes e variáveis pertinentes ao problema proposto, deixando pouca margem para interpretação e

¹ Paul Hewitt (2002). Física Conceitual. Bookman.

² Para garantir o anonimato dos participantes, iremos utilizar nomes fictícios.

inferências. Como veremos, a solicitação “faça suposições razoáveis e estime” o nível sonoro parece ter orientado as ações do grupo.

Episódio 1: Primeira parte

1. *Eduardo: Ah tá / é por metro quadrado né(?)*
2. *Diana: É*
3. *Eduardo: Só que é nível sonoro / tá / vamos colocar que nível sonoro está igual a intensidade com uma frequência né*
4. *Yara: Estime o nível sonoro*
5. *Diana: Eu acho que eu sei fazer assim*
6. *Eduardo: Ahn (?)*
7. *Yara: É / só pegar aqui o / nível sonoro(?)*
8. *Eduardo: Bom / se for considerar o palco como um ponto ((todos riem)) / Um matemático resolvendo / considerando um cavalo como um ponto / As ondas se expandindo de forma circular / você vai colocar / ah tá essa distância você não precisa colocar a forma de ondas esféricas / você pode colocar em forma de ondas planas / então você não precisa considerar o palco como um ponto*
9. *Yara: Considerando o palco como uma reta*
10. *Eduardo: Considerando o palco como uma reta / que tem em média quantos metros(?) 40 metros(?)*
11. *Yara: É / você estima / porque eu não sei*
12. *Eduardo: Largura de um palco de uma banda / aí depende*
13. *Yara: Depende da band*

Nos turnos iniciais, os estudantes tentam compreender a questão e modelar o sistema físico que irão trabalhar. Tal estratégia é bastante usual à Física, e permite que sistemas complexos possam ser analisados com modelos simplificados, em condições apropriadas. A questão a saber é se as condições de contorno do problema proposto se enquadrariam ou não em simplificações consistentes e resultados com boa aproximação. A dificuldade dos estudantes em transitar entre o mundo das ideias – suposições razoáveis e simplificações permissíveis ao problema analisado – e o mundo real gerou a tensão nesse momento da atividade.

A tentativa de superação dessa tensão, levou os estudantes a expandirem a atividade, com novos questionamentos e problematizações, que, embora extrapolassem os objetivos esperados pelo professor para a aula, enriqueceram a atividade, gerando novos miniciclos de aprendizagem potencialmente expansivos (ENGESTROM, 2015).

A segunda parte do episódio ocorre após a sistematização da modelagem do sistema emissor de ondas sonoras.

Episódio 1: Segunda parte

42. *Eduardo: Entendeu / ai seria tipo isso aqui / entendeu / porque a 100 metros você está espalhando a energia / ah tá porque na verdade é / então de certa forma você pode ter um palco quadrado / na verdade ela não é*

simplesmente assim / ela é / então eu estava pensando dela indo para frente / mas na verdade ela vai se abrindo para cima

43. Yara: Para cima / entendi / é / para os lados também

44. Eduardo: E para o lado também / mais precisamente / porque ele fala 100 metros / 200 metros / você pensa assim

45. Marcos: Você vai considerar esférico ou

46. Yara: Não aí tanto faz / mas eu acho que não precisa

47. Eduardo: Oi (?) não precisa não

48. Yara: É

49. Marcos: R ao quadrado vai ter um fator de 4 / porque o perímetro é πR

50. Yara: A relação vai ser a mesma

51. Eduardo: Ahn (?) Não

52. Yara: A relação / não eu tô falando assim

53. Eduardo: A relação não vai ser a mesma

54. Marcos: Não por que se a gente considerar só duas dimensões / essa energia vai se espalhar para $2 \pi R$ que é o perímetro

55. Yara: Aham

56. Marcos: E se for assim vai espalhar para $4 \pi R$ ao quadrado / vai espalhar pela área da esfera

57. Diana: Uhum

58. Marcos: Aí faz muita diferença

59. Eduardo: Você está falando assim de considerar tipo sem esfera(?) Tipo sem

60. Marcos: Então aí a gente

61. Eduardo: Não / mas se você for considerar

62. Yara: Sem ser o círculo / só reto

63. Eduardo: Não / mas se você considerar que o autofalante é uma forma de um cone / na verdade não é um cone mas ele direciona / tipo assim quem está atrás do palco não está ouvindo

No início da segunda parte do episódio, Eduardo introduz no grupo duas formas de pensar sobre propagação da onda, a primeira seria uma propagação paraxial, ele joga suas mãos para frente indicando uma propagação paralela à superfície e abrindo a mesma, indicando a abertura de um cone. Logo em seguida, ele abandona esta ideia dizendo que a propagação da onda deveria ser na forma cônica, sendo que ao longo de sua propagação ela iria se abrindo para cima (fala acompanhada de gestos). No turno 43, Yara concorda com explicação do colega e afirma que a expansão ocorreria não somente para cima, como também para os lados. Ao longo dessa segunda parte do episódio, Marcos chama a atenção dos colegas para a relevância do número de dimensões a serem consideradas. As discussões sobre a forma de propagação da onda continuam, até que no turno 118 eles chegam a um acordo.

Episódio 1: Terceira parte

118. Episódio Marcos: Mas primeiro a gente tem que ver a área de onde está saindo / depois área em que isso está sendo distribuído / sei lá

119. *Diana: É*

120. *Marcos: Na verdade minha ideia era só usar o esférico mesmo*

121. *Eduardo: Mas isso gente é para a gente estimar / não precisa rigor matemático / coloca o cone mesmo*

122. *Diana: Não mas eu acho que esférico seria mais fácil / seria uma ordem de grandeza*

123. *Marcos: O cone a gente teria que calcular por exemplo o comprimento do palco entendeu(?)*

124. *Eduardo: Ah tá / então coloca aí a esfera*

125. *Yara: Esférica eu teria só que pegar o raio*

126. *Marcos: Porque quando você pensa / a única informação que eu tenho é daqui até aqui*

Na terceira parte do episódio, os estudantes escolhem considerar a expansão da onda como esférica. Aparentemente, a escolha é feita como forma de simplificação para solução do problema, uma vez que os fatores por eles mencionados – formato do palco, posicionamento da caixa de som, expansão cônica – trazem um alto nível de complexidade ao problema.

Em uma situação ideal, de uma fonte pontual, sem reflexão de ondas e, conseqüentemente, interferências destrutivas ou construtivas, o problema poderia ser resolvido considerando a lei do inverso do quadrado da distância. Uma consideração que precisaria ser feita é a distância entre a fonte de som e a primeira medida de intensidade sonora. Durante a propagação, verifica-se que a intensidade sonora tem um decaimento que é proporcional ao quadrado da distância. Entretanto a questão não traz quaisquer informações sobre as condições de emissão e propagação da onda sonora para o caso proposto, fazendo com que os alunos deste grupo se sintam responsáveis por fazer suas considerações. Nesta questão, a resposta esperada era apenas a de que o grupo considerasse que as condições são adequadas à aplicação da lei do inverso do quadrado da distância e então aplicassem este conhecimento à situação.

Considerações finais

O episódio apresentado se destaca, dentre outros, pela riqueza das discussões que emergem no contexto da resolução de questões conceituais de física. Destacamos elementos contidos nestas questões, tais como: contextualização, possibilidade de múltiplas interpretações, solicitação de levantamento de hipóteses e considerações relevantes; a nosso ver foram essenciais para o aparecimento dos miniciclos de aprendizagem potencialmente expansivos. Tal como apontado na literatura, um dado miniciclo de aprendizagem, uma vez iniciado, pode não ter sua completa expansão. Em vários miniciclos expansivos identificados no trabalho do grupo com problemas de física conceitual, nem sempre esta resposta foi desenvolvida e explorada em sua plenitude pelos integrantes do grupo. Apesar disso, em todas elas foi possível identificar avanços no entendimento dos estudantes e nos recursos por eles evocados indo ao encontro da resposta correta, gerando oportunidades inequívocas de aprendizagem.

Esperamos que este trabalho possa incentivar a melhoria da qualidade de formação dos graduandos em física, sinalizando para a necessidade de se melhorar

as formas de abordagens utilizadas em sala de aula, minimizando a passividade dos estudantes, e permitindo que sejam desafiados por boas questões conceituais de física em sua formação.

Referências

- DAVID, M. M; TOMAZ, V. S.. Aprendizagens Expansivas Reveladas pela Pesquisa sobre a Atividade Matemática na Sala de Aula. *Bolema*, v. 29, n. 53, p. 1287, 2015.
- ENGESTRÖM, Y.. *Learning by expanding*. Cambridge University Press, 1987.
- ENGESTRÖM, Y.. *Aprendizagem Expansiva*. Traduzido por Fernanda. Liberali. Título original: *Learning by expanding*. Campinas (SP): Pontes editores, 2016.
- ENGESTRÖM, Y; SANNINO, A.. Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. *Educational research review*, v. 5, n. 1, p. 1-24, 2010.
- LEONTIEV, A.. The Problem of Activity in Psychology. In: *The Concept of Activity in Soviet Psychology*, J.V. Wertsch, ed., M.E. Sharpe Inc., New York, pp. 37-71, 1981
- MOREIRA, A. F; PONTELO, I.. Níveis de engajamento em uma atividade prática de Física com aquisição automática de dados. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n. 2, 2009. ISSN 1984-2686.
- MOREIRA, A. F; PEDROSA, J. G.; PONTELO, I.. O conceito de atividade e suas possibilidades na interpretação de práticas educativas. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 13-29, 2011.
- RODRIGUES, A. M; CAMILLO, J; MATTOS, C. R. Cultural-historical activity theory and science education: foundational principals and potentialities.: VIII IOSTE Symposium for Central and Eastern Europe: IOSTE Symposium for Central and Eastern Europe. 778: 191-200 p. 2011.
- ROTH, W.-M. INTRODUCTION: "Activity Theory and Education: An Introduction". *Mind, Culture, and Activity*, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2004.
- SILVA, F. A. R.. *Atividade investigativa na educação superior*. Tese (doutorado em Educação) Faculdade de educação – UFMG, Minas Gerais, 2011.
- VIEIRA, R. D.; KELLY, G. J.. Multi-level discourse analysis in a physics teaching methods course from the psychological perspective of activity theory. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 16, p. 2694-2718, 2014.
- VYGOTSKY, Lev Semenovitch et al. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- WERTSCH, J.. *Concept of activity in soviet psychology*. New York: M.E. Sharpe In., 1981.