

PERSPECTIVAS CIENTÍFICO-CULTURAIS NO ENSINO DE FÍSICA: A CONSTRUÇÃO DE UMA DISCIPLINA ELETIVA DE FÍSICA MÉDICA

SCIENTIFIC-CULTURAL PERSPECTIVES IN PHYSICS TEACHING: BUILDING A MEDICAL PHYSICS DISCIPLINE

Fernanda Cavaliere Sodré¹, José Luís Ortega², Pedro Zen³, Cristiano Mattos⁴

¹ Colégio Bandeirantes, fernanda.sodre@colband.com.br

² Colégio Bandeirantes, jose.ortega@colband.com.br

³ Colégio Bandeirantes, zen@colband.com.br

⁴ Universidade de São Paulo / Instituto de Física, crmattos@usp.br

Resumo

Neste artigo, apresentamos uma proposta de planejamento e a implementação de uma disciplina de física médica para alunos de terceiro ano do ensino médio, numa perspectiva científico-cultural e complexista, fundamentada na Teoria da Atividade e nos gêneros enunciativos. Este curso foi concebido e estruturado para uma disciplina eletiva para alunos do ensino médio, para compor os itinerários propostos pela atual base nacional comum curricular (BNCC). Os temas, a composição e estilos desenvolvidos para implementação dessa proposta interdisciplinar, visavam explicitar a relação entre os conteúdos mobilizados pelas disciplinas (física, biologia, medicina, história da ciência, educação física, artes) e as atividades humanas organizadas historicamente e socialmente nas quais esses conteúdos foram e são produzidos. Aqui, apresentaremos nossa sequência didática elaborada na perspectiva de uma investigação científico cultural ilustrando alguns momentos da práxis estabelecida.

Palavras-chave: Física Médica, investigação-científico-cultural, interdisciplinaridade.

Abstract

In this article, we present a proposal for planning and implementing a medical physics course for third-year high school students, in an interdisciplinary and complexist perspective, based on activity theory, enunciative genres, and scientific-cultural inquiry. This course was designed and structured for an elective course for high school students, to compose the itineraries proposed by the current Common National Curriculum Base (BNCC). The themes, composition, and styles developed to implement this interdisciplinary proposal, aimed to explain the relationship between the content mobilized by the disciplines (physics, biology, medicine, history of science, physical education, arts) and the human activities organized historically and socially in which these contents were and are produced. We will present our didactic sequence elaborated from the perspective of a scientific-cultural investigation illustrating some moments of the established praxis.

Keywords: Medical Physics, Scientific-cultural inquiry, interdisciplinarity

Introdução

Quando nos propomos pensar essas tentativas de promoção de um saber integrador a luz de referenciais complexistas, como o da Teoria da Atividade Cultural Histórica (ENGESTRÖM, 1987), é preciso ressaltar que por trás da escolha da organização e seleção de conteúdos curriculares, existem as finalidades, as funções sociais estabelecidas por grupos sociais determinados para cada sistema educativo. De acordo com Zabala (2002), na maioria dos países do mundo, uma das principais finalidades dos sistemas educativos tem sido a condução dos sujeitos à universidade. A concepção propedêutica dirigida ao nível superior tem sido, em nível nacional ou internacional, um referencial prioritário na seleção e organização dos conteúdos de aprendizagem, em parte determinada por um sistema econômico capitalista que focaliza a educação quase que exclusivamente para o mercado de trabalho (CAMILLO; MATTOS, 2019).

Contudo, na esteira das discussões travadas na área de ensino de ciência, cada vez mais, pesquisadores têm sinalizado a importância do ensino-aprendizagem para o desenvolvimento do sujeito como cidadão, independente do papel profissional que poderá desempenhar na sociedade. Tais discussões acabaram por estender o conceito de “educar para a vida” para um grande número de escolas (sobretudo as privadas, no caso do Brasil) nas quais puderam ser introduzidos novos conteúdos de ensino-aprendizagem, vinculados não de modo exclusivo àqueles exigidos nos exames vestibulares e afinados com a nova estrutura dos itinerários do BNCC que passa a compor 40% da grade curricular.

É neste contexto que surgiu a oportunidade de desenvolver uma sequência didática numa escola básica privada brasileira, situada na cidade de São Paulo. Com o intuito de estabelecer ligações de complementaridade, convergência entre o ensino de Física e a vida cotidiana, foi nos solicitado a criação de um curso que contemplasse estratégias de aprendizagem numa perspectiva de capacitar o aluno para a vida em sociedade, para a atividade produtiva e para experiências subjetivas.

Neste trabalho, temos como objetivo apresentar uma proposta de planejamento e sequência didática, destinada à terceira série do nível médio de ensino, inserida numa disciplina eletiva, na perspectiva de uma investigação científico-cultural (que apresentaremos a seguir). Nesta proposta os conteúdos são tratados de forma mais flexível e menos estanque, com a possibilidade de superação de alguns “limites disciplinares”. A expectativa é a de que os estudantes, habituados as disciplinaridades, se sintam provocados a questionar as relações interdisciplinares e culturais apresentadas ao longo do curso. A inserção de atividades do cotidiano, ou mesmo problemas abertos e complexos, abrem caminho para a atribuição de novos sentidos, significados e valores aos conteúdos aprendidos. Esta estratégia permite percepção do conhecimento escolar como um instrumento de compreensão e atuação no mundo, permitindo também com que os estudantes dialoguem mais com os professores, colegas e ressignifique os próprios materiais pedagógicos.

Referencial teórico

Neste trabalho, abordaremos a atividade educacional como “investigação científico-cultural” (LAGO; ORTEGA; MATTOS, 2019). Entendemos que nossa intervenção configura uma proposta de atividade de investigação científica-cultural,

uma unidade que enfatiza melhor a trama do conteúdo científico com os outros elementos internos e externos à escola. Nela, assumimos um ensino-aprendizagem de ciências crítico e com mais mediações com o mundo, numa forma que visa a superar os muros da escola como delimitadores dos sentidos do conhecimento - encapsulamento escolar (Engeström, 1991). A investigação científica-cultural pretende uma educação científica em que o objeto da investigação seja expandido para além dos produtos da cultura científica, englobando também os produtos da cultura popular e escolar, nos seus mais diversos níveis e complexidades (LAGO; ORTEGA; MATTOS, 2019, 254).

A atividade de “investigação científico-cultural” (LAGO; ORTEGA; MATTOS, 2019), tem sua base na proposta de Engeström (1991), na qual apresentou três propostas de ensino-aprendizagem: a *investigação conceitual*, a *prática científica* e a *investigação cultural*.

A *investigação conceitual*, elaboração teórica da gênese de um conceito, referia-se ao método da descensão do concreto imediato numa redução ao abstrato e a posterior ascensão do abstrato particular para o concreto complexificado ascensão do abstrato ao concreto, (DAVYDOV; 1990, 1993). A descensão refere-se ao estudo de suas relações particulares e de sucessivas generalizações e reduções, enquanto a ascensão reside na volta ao concreto real, ou concreto complexificado, qualitativamente diferente do primeiro concreto, no qual se fazem presentes toda a complexidade e as contradições inerentes a realidade humana (KOSIK, 1976). Este contexto da investigação conceitual corresponde às atividades em que os estudantes investigam e aprendem relações causais, relações matemáticas e físicas sobre o objeto estudado - como os saltos nas atividades do ginásio ou mesmo os giros, *pirouettes* do ballet clássico - e constroem ferramentas intelectuais para uma significação científica adequada à compreensão físicas sobre o movimento dos corpos em lançamento ou em rotação.

Já a *prática científica*, considera o aprendizado como a contínua e cada vez mais central participação de um sujeito em práticas sociais (processo de enculturação). Esta ideia é oriunda de análises do aprendizado de indivíduos por meio da imersão em comunidades de prática, nas quais nem sempre há um ensino institucionalizado como: alfaiates, curandeiros ou parteiros. Neste caso, consideramos, por exemplo, as vivências com a manipulação de instrumentos e procedimentos científicos comuns à atividade de cientistas - como a coleta de amostras bacterianas para cultivo em placas de Petri, realizada na escola, modelagem e manipulação de dispositivos biomecânicos utilizados em hospitais.

Finalmente, a *investigação cultural* é considerada como uma aprendizagem por expansão (Engeström, 2015), relativa ao aprendizado coletivo de pessoas em organizações. Essa abordagem enfatiza a aprendizagem coletiva, a criação de novos conceitos ou novas práticas, uma vez que sinaliza aspectos e contradições na produção, circulação e uso destes conhecimentos na sociedade, trazidos para o espaço escolar por meio de palestras e debates com profissionais das áreas envolvidas no curso de física médica.

Essas abordagens estão inseridas na atividade de investigação científico-cultural, o que torna necessária uma metodologia que de conta da complexificação do objeto de estudo a ser ensinado. Dessa forma, a metodologia de ensino que deriva desse referencial preconiza professores de diferentes disciplinas em codocência no planejamento e na aplicação das sequências (ROTH et al., 2002),

permitindo, por meio do diálogo, que os alunos fiquem imersos em gêneros enunciativos híbridos (BAKHTIN, 2006), os quais articulam temas interdisciplinares na escola e na vida. Além disso, foram utilizados recursos tecnológicos (*moodle*) que permitam aos estudantes e professores o compartilhamento e a construção de uma visão de conjunto dos conhecimentos mobilizados. Isso propiciou discussões que desmistificavam as relações do trabalho científico com a cultura.

Enquadramento empírico

A sequência didática completa dessa disciplina eletiva, foi aplicada em uma escola privada, tradicional, de grande porte, localizada na cidade de São Paulo, que atende majoritariamente a famílias de classe econômica alta, e sempre esteve direcionada à excelência acadêmica e alto desempenho nos exames vestibulares. Na escola, as disciplinas eletivas são disciplinas obrigatórias e semestrais, para 2ª e 3ª série do ensino médio. As disciplinas escolhidas compõem uma variedade das diversas áreas do conhecimento (física, biologia, educação física, medicina, história, arte etc.) e devem ter características interdisciplinares e metodologias de ensino variadas. Em cada semestre, oferece-se ao estudante diversas opções de disciplinas que pode cursar, solicita-se a escolha de uma quantidade mínima para que componha seu próprio itinerário, de acordo com suas possibilidades e interesses. As aulas presenciais nas disciplinas eletivas ocorrem semanalmente (1 aula por semana), com duração de 75 minutos (carga semestral horária por turma: 25 horas). A organização e gestão da disciplina é realizada pela plataforma *moodle*.

A sequência didática introduzida ao longo do primeiro semestre de 2019 foi aplicada em 5 turmas com 40 alunos entre 16 e 17 anos, oriundos da terceira série do Ensino Médio. No caso dos alunos investigados, da 3ª série, os alunos escolhem 2 eletivas em cada semestre nos últimos dois anos do ensino médio, totalizando 6 disciplinas eletivas.

As aulas foram registradas por meio de fotografias. Pelo menos 15 alunos foram entrevistados na perspectiva de identificar enunciados que se relacionassem com os enquadramentos enunciativos e os contextos propostos na construção de cada aula da disciplina. Além disso, algumas atividades foram avaliadas por meio de resenhas das palestras dos pesquisadores-professores, dos quais três foram entrevistados de modo a identificar os sentidos que a disciplina teve para eles.

A disciplina eletiva: física aplicada a medicina e aos esportes

O processo avaliativo é contínuo, diversificado e abarca aspectos conceituais, atitudinais e procedimentais. O engajamento do estudante nas atividades, o desempenho nas atividades de resolução de exercícios e problemas, a autoria e expressão no uso do gênero de divulgação científica são alguns dos elementos avaliados para composição a nota final para a eletiva.

Assim foram solicitadas a elaboração de uma resenha, a ser feita em conjunto - em grupo, durante as aulas de tema microbiologia, uma pesquisa e discussão de reportagens (nas aulas destinadas ao tema da radiação), atividades experimentais (aulas de microbiologia e física da dança), uso de simuladores (modelagem científica), além de resolução de problemas diversos, disponíveis em listas de exercícios temáticas, em avaliações periódicas na plataforma *moodle*.

Sequência de didática Investigativa

No quadro 1 abaixo, apresentamos resumidamente a sequência completa das atividades propostas para a investigação científico-cultural ao longo do semestre. Nela, a escolha dos temas (conteúdo temático), a sequência didática (estrutura composicional) e as formas de apresentação (estilo) (BAKHTIN, 2006) seguiram a narrativa histórica da produção do conceito de corpo humano em seus vários significados. Várias perguntas motivadoras, que sustentaram a atividade, foram feitas, por exemplo: Sobre quando um corpo vivo foi aberto a primeira vez? Como se operava alguém na Idade Média? Como foram descobertos os anestésicos? Qual a maior velocidade que o corpo humano pode alcançar numa corrida?

Quadro 1 – Sequência das atividades/temas, quantidade de aulas (#N), descrição resumida e contextos.

Atividade/Tema	#N	Descrição	Contexto
1. Questionário e apresentação. As representações do corpo na história.	1	Levantamento dos Interesses dos alunos, propostas e estrutura do curso. Tópicos de história da ciência. Debate sobre as perspectivas do curso de física médica no vestibular e no âmbito profissional.	Investigação cultural
2. Escalas do corpo humano	2	Tópicos de microbiologia, história da ciência, notação científica e ordens de grandeza. Exercícios sobre notação e expressão de grandezas em textos de divulgação científica.	Investigação conceitual
3. Descobrindo o corpo	2	Biofísica e microscopia. Coleta e cultivo de bactérias em placas de Petri. Observação ao microscópio das culturas coletadas. Palestra com profissional e biofísica sobre os usos de bactérias na ciência. Resenha temática de divulgação científica.	Prática Científica e Investigação conceitual
4. Imageamento do corpo	5	Tópicos de história da ciência, radiação e raios X, ondulatória, ultrassom e ressonância magnética. Resolução de exercícios e problemas. Montagem de painel - linha do tempo das descobertas e tecnologias. Testes na plataforma <i>moodle</i> .	Investigação conceitual
5. O corpo em ação	3	A física esportiva. Atividade prática na quadra com equipe de educação física sobre o desempenho dos atletas e limites do corpo. Resolução de exercícios vestibulares. Aula prática com professora de ballet clássico e modelagem dos movimentos corporais	Investigação cultural, Prática Científica e Investigação conceitual
6. Os limites do corpo	3	Palestra de bioengenharia sobre próteses e órgãos artificiais, realidade aumentada e interface corpo-máquina. Manipulação de artefatos de bioengenharia para modelagem do corpo. Resolução de exercícios. Teste na plataforma <i>moodle</i> . Resenha temática de divulgação científica. Fechamento da eletiva	Investigação cultural, Prática Científica e Investigação conceitual

Na primeira coluna, indicamos 6 grandes blocos temáticos do semestre. Na coluna de aulas, indicamos o número mínimo de aulas necessárias para cumprir o planejamento. A terceira coluna, apresenta uma breve descrição dos conteúdos e atividades desenvolvidos em cada etapa. Na coluna final, especificamos para cada conjunto de atividades, quais os contextos de aprendizagem dominantes fundamentados (LAGO; ORTEGA; MATTOS, 2019). O contexto de investigação conceitual possibilita aos estudantes o domínio conceitual e teórico para uma compreensão adequada das formas de representação do corpo. O contexto da prática, concretiza essas formas nas atividades e vivências que lhe conferem sentido. Finalmente, o contexto de investigação cultural expande essas formas para outras atividades humanas das práticas da própria escola, da esfera do cotidiano e da esfera profissional. Esses contextos não são excludentes, descrevem as ênfases em cada atividade, no sentido da experiência dominante vivenciada pelos alunos em

cada uma, possibilitando que exponham e elaborem suas concepções de maneira ativa e colaborativa.

Alguns desdobramentos

Na atividade 3 (descobrimos o corpo), por exemplo, convidou-se uma pesquisadora em biofísica (figura 1), para palestrar sobre suas atividades profissionais. Os estudantes puderam observar ao microscópio e analisar suas amostras bacterianas coletadas em placas de Petri dos espaços da escola (cantina, banheiro, quadras esportivas etc.) com os professores, na semana anterior. Além disso ouviram os comentários da pesquisadora sobre o resultado de suas coletas, debateram a importância das bactérias na medicina, desde a pesquisa em antibióticos até modelagem celular. Como atividade avaliativa, os estudantes elaboraram uma resenha de divulgação científica sobre os temas abordados na palestra, na qual expressaram como se apropriaram dos conceitos mobilizados e os relacionaram com a prática experimental.



Figura 1: Observação de culturas bacterianas em placas de Petri ao microscópio.

Na atividade 5 (“o corpo em ação”), com o apoio da equipe de educação Física da escola (figura 2), os estudantes vivenciaram uma atividade sobre os limites corporais humanos, tipicamente os atingidos por esportistas nos recordes olímpicos, relacionando-os com os conceitos de mecânica aprendidos no curso. Nela, os alunos puderam comparar saltos em distância de 3m, obtidos com muito esforço por eles, com os altos de atletas. Com equipe de educação física, os alunos foram ao ginásio para filmar e analisar comparativamente seu desempenho, vivenciando as grandezas físicas envolvidas. Em entrevista, o professor de educação física comentou: “agora que sentiram na pele, os alunos aplicarão os conceitos científicos e modelarão matematicamente os aspectos de cada movimento analisado”.



Figura 2: Filmagem e análise do desempenho dos alunos em salto e corrida.

Nessa mesma atividade, uma professora de ballet clássico ministrou aula em codocência com os professores de física. Sob a orientação da bailarina, os alunos realizaram movimentos do ballet e testaram o aprimoramento dos seus movimentos corporais a luz dos conceitos de mecânica (figura 3).



Figura 3: Professora de ballet e alunos realizam movimentos de postura, equilíbrio e rotação.

Durante a atividade, a professora de Ballet e professores explicavam os movimentos de dança em termo dos conceitos físicos. Por exemplo, ao ensinar à turma como fazer uma diagonal de giros, chamou a atenção da turma sobre a importância do “torque” realizado por um dos braços para que o corpo entre em rotação e, também, sobre o “centro de gravidade” dos corpos dos alunos, que não deveriam ser deslocados, evitando desequilíbrios.

Tais mediações, coordenadas entre as ações da bailarina com as ações dos professores, foram vivenciadas como uma unidade pelos alunos, expressando-as em seus enunciados: “Se eu fechar os braços, no giro, eu estou diminuindo o raio, né?” (Estudante 10), “Olha, consegui me equilibrar, mas estou curvando o corpo. O que eu errei?” (Estudante 05). Dessa forma, os conceitos ganham sentido nessa atividade cujo contexto dominante é a investigação científico-cultural.

Considerações finais

Entendemos que a articulação do campo da educação formal com as atividades sociais, por meio da participação compartilhada entre cidadãos atuantes em diferentes atividades e instituições, favorece a atribuição de sentidos para os conhecimentos aprendidos. Isso multiplica o repertório dos alunos e amplia os enquadramentos de mundo, principalmente pela utilização de uma diversidade de gêneros enunciativos que emergem em formas híbridas (MEDVIÉDEV, 2010). Isso implica a promoção de um conhecimento mais complexo e integrado com a sociedade em que vivemos. Dessa forma, enfatizamos que o conhecimento escolar de física, ao ser enquadrado no estudo das coisas do mundo (dança, esportes, medicina etc.), tornou-se instrumento mediador entre a escola e o mundo. Essa perspectiva é fundamental, pois estabelece uma totalidade que suporta a superação do envelopamento escolar por meio das atividades científico-culturais.

Essa totalidade se estabeleceu, favorecendo o engajamento dos nossos alunos - tradicionalmente mais conservadores e orientado à excelência nos exames vestibulares - nas atividades escolares, estimulando sua capacidade de transitar por diversos contextos disciplinares, construindo uma teia conceitual mais dinâmica, vivencial e complexa. Professores, alunos e pesquisadores, em diálogo, puderam expressar sua autoria, construindo novos percursos curriculares, que só tem a contribuir com o espaço de diversidade e de enriquecimento cultural que é a escola.

O trabalho de investigação, ainda em andamento, pretende analisar os enunciados dos estudantes, identificando as relações com o conteúdo temático, estrutura composicional e estilo enquadrados em cada uma das atividades. Nesse momento da investigação, o depoimento de um estudante, registrado durante as aulas e publicado nas redes sociais da escola, expressa bem nossa intenção de

complexificação do conhecimento escolar: “Acho muito interessante ver os conhecimentos escolares aplicados na vida real. Ficou clara, para mim, a relação entre a física, a biologia, a arte. Isso para mim é poesia!” (Estudante 13).

Bibliografia

BAKHTIN, M. **Estética da criação verbal**. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

CAMILLO, J.; MATTOS, C.R. Ensaio sobre as relações entre Educação, Ciência e Sociedade a partir da perspectiva do desenvolvimento humano. **Linhas Críticas**, v.25, p.94-123, 2019.

DAVIDOV, V. V. **Types of generalization in instruction**: Logical and psychological problems in the structuring of school curricula. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics. (Original work published 1972), 1990.

DAVIDOV, V.V.; ZINCHENKO, V.P.A Contribuição de Vygotsky para o desenvolvimento da psicologia. In: H.DANIELS (org.). **Vygotsky em foco**: pressupostos e desdobramentos. São Paulo: Papirus, 1993.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research**. Helsinki: Orienta-Konsultit. 1987

ENGESTRÖM, Y. Non scolae sed vitae discimus: Toward overcoming the encapsulation of school learning. **Learning and instruction**, v.1, n.3, p.243-259, 1991.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by expanding**. Cambridge University Press, 2015.

LAGO, L.; ORTEGA, J.L.; MATTOS, C.R. A investigação científica-cultural como forma de superar o encapsulamento escolar: uma intervenção com base na teoria da atividade para o caso do ensino das fases da lua. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.24, n.1, p. 239-260, 2019. DOI:10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p239

LAGO, L.; ORTEGA, J.L., MATTOS, C. Lua na mão: mediação e conceitos complexos no Ensino de Astronomia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 20, n. e10388), 2018. <http://doi.org/10.1590/1983-211720182001020>

LAVE, J.; WENGER, E. **Situated learning**: legitimate peripheral participation. Cambridge (EUA): Cambridge University Press., 1991. <http://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>

MEDVIÉDEV, P. N. **O método formal nos estudos literários: Introdução a uma poética sociológica**. São Paulo: Contexto, 2010.

ROTH, W-M., TOBIN, K., ZIMMERMANN, A. Coteaching/cogenerative dialoguing: learning environments research as classroom praxis. **Learning Environment Research**, v.5, p.1-28, 2002. Doi: 10.1023/A:1015662623784

VIGOTSKI, L.S. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. São Paulo, Editora Martins Fontes, 2001.

ZABALA, A. **Enfoque Globalizador e Pensamento Complexo**: uma proposta para o currículo escolar. Porto Alegre: Artmed. 2002.