

Os problemas de método de pesquisa em psicologia apontados por Vygotsky e os testes sobre conceitos relacionados a circuitos elétricos

Ana Fukui¹ (anafukui@hotmail.com) Jesuína L. A. Pacca² (jesuína@if.usp.br)

Instituto de Física da USP – São Paulo – Brasil

Introdução

Os testes sobre conhecimento têm se mostrado como um instrumento eficaz de trabalho por possibilitarem uma análise detalhada da compreensão de conteúdos da Física, como mostram os trabalhos desenvolvidos por diversos autores nos anos 80 e em 1994 conforme apresentamos adiante.

Os referidos testes mostram os resultados do aprendizado porém não evidenciam o desenvolvimento do processo de aprendizagem. Neste processo os conceitos espontâneos definidos por Vygostky, como sendo abstrações não sistematizadas e não conscientes exercem um papel importante na consolidação, pelo estudante, dos conceitos científicos e a mediação exercida pelo professor entre os dois conceitos, para tornar o processo mais efetivo e mais eficiente é o ponto central do trabalho.

¹ Bolsista da FAPESP

² Apoio parcial do CNPq

Os artigos investigados e análise dos instrumentos de pesquisa

O tema eletricidade se desdobra principalmente na compreensão dos fenômenos de corrente contínua em circuitos de diversos tipos. Com isto, os conceitos de corrente elétrica, tensão, resistência e circuito são discutidos sob vários pontos de vista. Este foi o critério de seleção dos testes e da análise a serem considerados nos trabalhos: Fredette e Lochhead (1980), Cohen, Eylon e Ganiel (1983), Dupin e Joshua (1987), Shipstone (1988), Silveira, Moreira e Axt (1989) e Gravina e Buchweitz (1994).

Como metodologia de pesquisa, no entanto, buscou-se um caminho que não estivesse centrado em todas as possíveis análises a partir do conteúdo, mas sim na estrutura externa (contexto, números de pessoas envolvidas) e interna do teste (figuras, linguagem, número de questões), o que permite construir as seguintes tabelas:

Autor	Entrevista e/ ou teste escrito	Seqüência de atividades	Pessoas envolvidas
Fredette e Lochhead (1980)	Entrevista	questionário, experimento e entrevista	57 universitários
Cohen, Eylon e Ganiel (1983)	teste escrito e 14 entrevistas com alunos	Questionário e entrevista	145 alunos de 15 a 18 anos; 21 professores
Dupin e Joshua (1987)	teste escrito	aplicação do teste	920 alunos de 12 anos até universitários
Shipstone (1988)	teste escrito	aplicação do teste	1250 alunos de 15 a 17 anos de diversos países
Silveira, Moreira e Axt (1989)	teste escrito	aplicação do teste	121 alunos do curso universitário
Gravina (1994)	teste escrito e entrevistas com alunos	pré-teste, entrevista, atividades de instrução e pós teste	12 alunos universitários

Quadro 1: estrutura externa dos testes

Foram envolvidos alunos das mais diversas idades (a partir dos 12 anos até o nível universitário), implicando em diferentes graus de instrução. Somente um caso incluiu em sua amostra os professores. Três pesquisas foram realizadas com universitários, tendo como amostra, em cada uma delas, 12 alunos, 57 alunos e 121 alunos. Duas pesquisas com alunos regulares: uma amostra de 145 alunos e outra com 1250 alunos de diversos países. Uma pesquisa incluiu os dois estágios de instrução com uma amostra total de 920 entrevistados.

Em dois casos os testes foram realizados juntamente com entrevistas clínicas; e, um caso, onde o teste se insere em um processo de instrução, servindo como forma de averiguar a transformação de concepções. Em outras três situações, há somente uma aplicação do questionário.

Autor	Número de questões	Possui esquemas ou desenhos?	Termos técnicos	Descrição do teste
Fredette e Lochhead (1980)	2	Desenho de pilha e lâmpada	Não	Resposta tipo: acende/ não acende
Cohen, Eylon e Ganiel (1983)	10 de múltipla escolha, 4 numéricas	Esquema formal de circuito	Sim	Um circuito é apresentado, se faz uma modificação e se deve fazer uma comparação com o anterior
Dupin e Joshua (1987)	44	Desenho de lâmpada e bateria	Sim	Exercícios onde se pede a opinião e exercícios onde se deve analisar as magnitudes de alguns elementos do circuito
Shipstone (1988)	13	Esquema formal de circuito e alguns desenhos de lâmpada e bateria	Sim	Respostas tipo verdadeiro ou falso ou múltipla escolha
Silveira, Moreira e Axt (1989)	14 questões de 3 alternativas	Representação de circuito formal não usual	Não	3 alternativas: 1 é coerente com a concepção científica e as outras duas com concepções espontâneas
Gravina (1994)	21 questões no teste e 9 tarefas na entrevista	Entrevistas: 1 desenho de lâmpada e bateria, esquema formal de circuito	Não	As opções de cada item devem conter a concepção científica e alguma concepção alternativa conhecida ou que se possa existir

Quadro 2: Estrutura interna dos testes

O número de questões nos questionários varia de 2 a 44. Os trabalhos de Cohen, Eylon e Ganiel (1983) e de Dupin e Joshua (1987) possuem questões de resolução numérica e têm como objetivo fazer uma análise de resolução de problemas. Nos demais são formuladas questões de natureza qualitativa.

Todos contêm ilustrações que podem ser a representação formal de circuito (Cohen, Eylon e Ganiel (1983), Shipstone (1988)) ou desenhos ilustrativos de lâmpadas e baterias. No trabalho de Silveira, Moreira e Axt (1989), a ilustração mescla a representação de circuito com o desenho de uma lâmpada.

Metade dos trabalhos utiliza a linguagem técnica da Física e a outra metade faz uso da linguagem coloquial com descrições de situação específicas.

As conclusões destes artigos são as seguintes: a concepção de corrente elétrica como um fluido elétrico está bastante presente entre os alunos e é relativamente fácil de ser adquirida, sendo reforçada durante o processo de escolarização; este fluido normalmente é descrito como sendo consumido à medida que passa pelos elementos do circuito e muitas vezes apresenta somente a entrada ou a saída do fluido. O conceito de corrente elétrica é muito mais evidente para os alunos que o conceito de tensão, sendo que freqüentemente são confundidos ou usados da mesma forma, o que permitiu identificar alguns erros comuns: a existência de corrente em circuito aberto e diferença de potencial nula neste circuito; o fornecimento de corrente elétrica pela bateria ser constante e a diferença de potencial variar.

Estes resultados, de modo geral, apresentam uma simplificação quanto ao modo de pensar do sujeito na medida em que são essencialmente localizados, caracterizando o que seria alternativo como erro ou afastamento do conhecimento científico estabelecido, não têm preocupação com qualquer articulação que apóie estes erros no plano cognitivo global do sujeito. Neste plano, outros elementos mais subjetivos e imaginários estão certamente presentes e colaborando na organização, coerência e articulação de um modelo maior e mais amplo. O pensamento expresso nas respostas objetivas certamente não pode dar conta deste contexto nem mesmo na sua dimensão cognitiva.

A psicologia do desenvolvimento e o ensino de Física

Os testes têm como principal característica uma estrutura bastante definida: uma pergunta e a resposta possível entre 2 a 5 alternativas; pode-se denominar isto como uma estrutura estímulo-resposta, bastante característica da psicologia experimental, cuja definição, segundo Vygotsky, é: “*evocar o fenômeno em estudo de uma maneira artificial (e, portanto controlável) e estudar as variações nas respostas que ocorrem, ou em relação às várias mudanças nos estímulos.*”³

Antes de entrar nas críticas propriamente ditas da abordagem do problema dos testes, uma justificativa a respeito da aproximação entre a pesquisa em psicologia do desenvolvimento e a pesquisa em ensino de Física se faz necessária. Tomando esta questão de uma forma mais genérica, como relacionar o ensino de ciência e a psicologia do desenvolvimento vygotskyana?

Para Vygotsky, o aprendizado escolar “*induz um tipo de percepção generalizante, desempenhando um papel decisivo na conscientização da criança dos seus próprios processos mentais*”⁴. Esta consciência pode ser entendida como uma percepção da existência de processos mentais de determinados tipos, sendo, portanto, sujeitos a um controle deliberado. Mas esta seria a etapa avançada do processo de aprendizado e desenvolvimento; o ponto de partida ocorre antes mesmo da maturação das funções psíquicas básicas necessárias para o aprendizado, e, geralmente, este aprendizado precede o desenvolvimento; isto é, “*as habilidades de uma área específicas são dominadas antes de aprender a aplicá-los conscientemente e deliberadamente.*”⁵

Nesta proposta, a generalização pode ser traduzida como a formação e sistematização de conceitos. A escola fornece a primeira possibilidade de um contato mais do que casual com um sistema estruturado de inter-relações: os conceitos científicos. Ou seja, o ponto central da teoria de aprendizagem e desenvolvimento de Vygotsky é a mediação dos conceitos científicos em relação aos outros conceitos, forçando uma

³ VIGOTSKI, L. S. – **A Formação Social da Mente** – Martins Fontes Editora – S. Paulo – 2000 - p.77

⁴ VYGOTSKY, L.S. – **Pensamento e Linguagem** – Martins Fontes Editora – S. Paulo – 1991 - p. 79

⁵ VYGOTSKY, L.S. – **Pensamento e Linguagem** – Martins Fontes Editora – S. Paulo – 1991 - p. 87

sistematização que tem como consequência uma consciência reflexiva; isto é, um pensar sobre o processo de pensar. Mais do que permitir a estruturação de um pensamento intelectual, o aprendizado de conceitos científicos induzem uma transformação e uma sistematização de conceitos “espontâneos”⁶ fazendo com que a criança atinja efetivamente níveis mais elevados de desenvolvimento.

Sob este ponto de vista, a problemática de pesquisa da psicologia do desenvolvimento pode ser resumida da seguinte forma: encontrar formas de estudar a formação de conceitos reais em profundidade; a confrontação de conceitos de áreas do aprendizado escolar e dos conceitos cotidianos; e, por fim desvendar a relação entre o aprendizado escolar e o desenvolvimento da criança. A hipótese central de trabalho baseia-se nos conceitos científicos como mola propulsora da transformação psicológica relacionada ao aprendizado e ao desenvolvimento do indivíduo.

A pesquisa em ensino de Física, em uma visão ampla, investiga as formas de ensino e aprendizagem de conceitos científicos da Física e pode, por um momento, assumir a mesma problemática da pesquisa da psicologia do desenvolvimento. Cabe aqui salientar que, embora, Vygotsky tenha realizado diversas pesquisas com crianças, a sua teoria trata especificamente do processo de escolarização como um todo, podendo, portanto ser utilizada para os alunos adolescentes.

Os testes

Observando dados da estrutura dos testes descritos no quadro 2, um dado bastante significativo, é que, com exceção de Fredette e Lockhead (1980) todos os outros cinco testes utilizam as representações formais de circuito (Silveira, Moreira e Axt (1989) e Gravina (1989)) ou a utilização de termos técnicos (Dupin e Joshua (1987)). Os testes de Cohen, Eylon e Ganiel (1983) e Silveira, Moreira e Axt (1989) utilizam os dois ao mesmo

⁶ As aspas aqui se justificam porque Vygotsky define conceitos espontâneos como conceitos não sistematizados e não conscientes, ou seja, de uma forma diferente do que costuma ser usado nas pesquisas em ensino de Física, isto é, como sinônimo de não-científico. Pessoalmente preferimos o termo concepções alternativas.

tempo. Ou seja, os testes partem, em sua maioria, de alguns conceitos científicos. Assim sendo, eles descrevem etapas de compreensão dos conceitos e da sistematização proposta e por isso não conseguem descrever o conhecimento do aluno em profundidade. Tudo o que se afasta do padrão é “alternativo” ou “erro”; as articulações e sistematizações parciais não são transparentes nos testes.

Esta discussão acontece com alunos que passaram pelo processo de ensino e aprendizagem do conteúdo estudado (quadro 1 – última coluna); isto implica necessariamente em uma análise indissociável do processo escolar como um todo. Então, ao denominar estas concepções, no ensino de Física, como espontâneas ou alternativas, está se propondo implicitamente que estas concepções são parte do processo escolar e acontecem como possibilidades do aluno interpretar o conhecimento científico. Isto não implica necessariamente em aceitar a hipótese de que o aluno tem interpretações de conceitos físicos, particularmente de eletricidade, que é o caso estudado, antes mesmo de ter contato com o assunto na escola.

Dentro desta visão, os dados externos à sala de aula, tais como o local e a história pessoal dos sujeitos envolvidos são muito pouco relevantes para a pesquisa com os testes. O ponto de interesse é a descrição de etapas e sistemas alternativos de compreensão da ciência a partir do momento em que o assunto foi introduzido em sala de aula e como ele será organizado dali para diante.

A estrutura estímulo-resposta dos testes coloca o corpo de saberes fora do sujeito, como um objeto a ser adquirido durante o processo no qual a estrutura escolar vai ser responsável por fornecer ao aluno. O centro do ato pedagógico é o conteúdo ministrado e não o aluno.

Uma visão diferente desta concepção de ensino-aprendizagem seria uma concepção dialética do ato pedagógico, onde o foco é deslocado do conhecimento para as relações que se estabelecem entre os participantes. Cada um modifica e é modificado na aula e por todos os elementos agregados a ela. Então, o conhecimento não acontece mais de “fora para dentro”, mas é concretizado no momento em que cada parte assume uma postura essencialmente ativa: transforma-se e se é transformado quando se aprende e se ensina alguma coisa a alguém; o que cada um é e sabe constrói o ato educacional em um processo

único, definido plenamente pelos participantes daquela situação naquele momento e em nenhum outro mais.

Estas duas visões seguramente fornecem pistas para pensar em respostas a uma pergunta inevitável ao se concluir os testes: com toda esta descrição de situação dos alunos de sala de aula, o que deve ser feito para provocar mudanças em direção à compreensão dos conceitos científicos e de suas relações?

O conjunto de dados dos testes, dentro da estrutura estímulo-resposta, gera muitas vezes propostas de planejamento e estratégias prontas para sala de aula que são colocados ao professor como eficazes para resolver o problema apontado. No entanto, na prática, o que foi proposto como uma solução acaba se tornando um ato mecânico desprovido de significado; as soluções criadas externas à sala de aula freqüentemente transformam a aula de Física em um ato escolar burocratizado, quando não permanecem efetivamente fora de sala de aula.

Nestas propostas de testes, a descrição do conteúdo e das etapas percebidas ocasiona uma série de ações visando o aprendizado do aluno, fundindo em um mesmo instante o aprendizado e o desenvolvimento do sujeito como um ato de lidar com um conjunto de perguntas e respostas existentes. Tomando como base a existência de dois momentos distintos no processo pedagógico: o aprendizado e o desenvolvimento, a descrição conteudista não implica na compreensão das formas de interação entre os vários elementos envolvidos. Tem-se uma avaliação, através dos testes, talvez DO QUE se aprende, mas não do COMO se aprende.

Para se obter dados que contemplem uma ou outra forma de se abordar o problema, é necessário rever as premissas de pesquisa, buscando uma nova metodologia de trabalho.

Uma nova metodologia de pesquisa

Vygotsky propõe um método funcional da estimulação dupla que tem como princípio estudar a estrutura psicológica específica de uma operação durante o processo de desenvolvimento. O objetivo estabelecido é *“descobrir os meios e métodos utilizados pelos*

*sujeitos para organizar seu próprio pensamento”*⁷ e se apóia em uma visão de desenvolvimento da criança em uma forma dialética complexa caracterizado “*pela sua periodicidade, desigualdade no desenvolvimento de diferentes funções, metamorfose ou transformação qualitativa de uma forma ou de outra, embricamentos de fatores internos e externos e processos adaptativos que superam os impedimentos que a criança encontra*”.⁸

Como instrumento de pesquisa se definem estímulos artificiais ou a busca de métodos auxiliares ou novos símbolos para resolver o problema proposto pelo experimentador, provocando manifestações cruciais no comportamento das pessoas.

Um exemplo desta situação de pesquisa utilizada por Vygotsky está descrita em Pensamento e Linguagem (capítulo 6). São investigados os conceitos científicos e “espontâneos” elaborados a partir da criação de histórias, de séries de figuras de uma ação, da atividade de completar fragmentos de frases terminadas com a palavra *porque* e de análises clínicas.

Adaptando esta proposta à pesquisa em ensino de Física, particularmente ao conceito de corrente elétrica e circuitos, foi realizada uma atividade com alunos do Ensino Médio de diversas séries (1º, 2º e 3º anos). Consistiu na realização de desenhos individuais do átomo, em acender uma lâmpada de lanterna com fios e pilhas soltos e desenhar o fenômeno observado (em grupo), explicando o que estaria ocorrendo no interior do circuito. Foi fornecido papel sulfite, lápis de cor e caneta hidrocor. No final, todos deveriam apresentar o resultado para a discussão. O objetivo da pesquisa foi investigar as relações que os alunos constroem (SE constroem) entre modelo atômico e corrente elétrica e como explicam o funcionamento de um circuito simples. A própria forma de se apresentar as respostas aos problemas já foi suficiente para revelar relações e modos de conceber o conteúdo nunca revelado pelas respostas formais dos testes e questionários mais usuais.

A estrutura teórica adotada para as investigações em ensino define todos os desdobramentos posteriores. Ao que parece, no entanto, esta discussão tem sido colocada em um plano secundário na pesquisa em ensino de Física. É necessário trazer à tona esta discussão uma vez que a produção de conhecimento na área quase não consegue interagir com a sala de aula. Procurar a causa e solução deste problema somente em fatores externos,

⁷ VIGOTSKI, L. S. – **A Formação Social da Mente** – Martins Fontes Editora – S. Paulo – 2000 - p.98

⁸ VIGOTSKI, L. S. – **A Formação Social da Mente** – Martins Fontes Editora – S. Paulo – 2000 - p.97

tais como políticas de ensino, qualificação dos professores ou estrutura da escola não exige os pesquisadores de uma reflexão de seu papel perante o próprio conhecimento e os seus objetivos.

A compreensão das dinâmicas de sala e dos processos de desenvolvimento do sujeito influenciam diretamente na estrutura da tomada de dados. Particularmente, no caso do ensino, deve-se ter claro que o foco de atenção é uma relação que se constrói entre os vários atores envolvidos: alunos, professores, estrutura escolar e conhecimento entendidos e considerados em toda sua complexidade e individualidade. Isto não implica necessariamente em instrumentos de tomada de dados e de análise sofisticados e incompreensíveis; mas de uma forma de pesquisa que se aproxime mais do cotidiano da sala de aula e menos de situações plenamente artificiais, permitindo assim a construção de um ensino significativo e transformador e não mais reprodutivista e burocrático.

Referências Bibliográficas

COHEN,R.; EYLON B.; GANIEL U. – *Potencial difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts* – American Journal of Physics 51(5): 407-412 (1983)

DUPIN , J.J. E JOSHUA, S. – *Conceptions of french pupils concerning electric circuits: structure e evolution* – J. of Research in Science Teaching 24(9): 791-806(1987)

FREDETTE, N. E LOCKHHEAD – *Student conceptions of simple circuits* – The Physics Teacher 18(3):194 -198 (1980)

SHIPSTONE, D. M. – *A study of students' understanding of electricity in five European countries* International Journal of Science Education - 10(3): 303 – 316 (1988)

SILVEIRA, F. F.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. – *Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica* Ciência e cultura 41(11):1129 – 1133 (1989)

GRAVINA, M.H. E BUCHWEITZ, B. – *Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade* – Revista Brasileira de Ensino de Física 16(1-4):110-119 (1994)

VYGOTSKY, L.S. – *Pensamento e Linguagem* – Martins Fontes Editora – S. Paulo – 1991

VIGOTSKI, L. S. – *A Formação Social da Mente* – Martins Fontes Editora – S. Paulo – 2000