

MODELOS CONCEITUAIS: A CONSTRUÇÃO DE MODELOS MENTAIS NA ESCOLA

Alfredo Müllen da Paz (PPGECT/UFSC/SC)

RESUMO

Neste trabalho, discutiremos as idéias sobre modelos conceituais utilizando o estudo de Borges (1997). Referenciado neste estudo, tentaremos identificar, em um grupo de estudantes, se os mesmos conseguem construir modelos mentais de eletromagnetismo, basicamente sobre a concepção do campo eletromagnético, e os fenômenos relacionados ao mesmo. Visando subsidiar a tentativa de construção de um novo modelo, buscamos oferecer indicativos para uma melhor organização didática que leve a uma efetiva compreensão conceitual.

1. Os Modelos Conceituais

O estudo de modelos e modelizações de diversos autores, Bunge (1974), Asolfi (2001), Martinand (1986), Pietrocola (1999), Pinheiro (1996), mostrou-nos a aplicabilidade destas teorias na área específica das ciências exatas, e mais especificamente na matemática.

Para discutir um modelo de eletromagnetismo, onde o conceito de campo eletromagnético não é “visível” na realidade dos estudantes, iremos nos referenciar basicamente nas idéias de Mario Bunge¹, em particular sobre a sua maneira de conceber as relações entre as teorias e a realidade, ou seja, como os modelos podem oferecer uma forma de conceber o realismo científico sem no entanto identificá-lo com as formas mais ingênuas que acabam por propor as teorias científicas como imagens refletidas da realidade.

As discussões do trabalho de Bunge (1974) iniciam-se pela análise da *função dos modelos* na constituição do conhecimento teórico das Ciências. Segundo o autor, a ciência desenvolvida pelas sociedades modernas tem a capacidade de produzir conhecimento teórico diferente do das sociedades pré-industriais, onde a crença, opinião e conhecimento pré-teórico eram suficientes. A ciência contemporânea não é somente experiência, é sim, teoria mais experiência planejada, executada e entendida à luz de teorias.

No campo educacional, a utilização de modelos mais simples é aceitável na medida que seus objetivos sejam facilitar a compreensão, ou seja, que estes não se tornem modelos que se sujeitam à fundamentação teórica não relevante. Para Fourez (1997), a simplificação do modelo não é considerada como um inconveniente, mas uma necessidade.

Para Bunge, os modelos são abordados na medida em que se procura relações entre as teorias e os dados empíricos. Estes são os intermediários entre duas instâncias limítrofes do fazer científico: conceito e medidas. (Pietrocola, 1999:10). Ressalta que os dados empíricos, apesar de bem próximos da realidade, não podem ser inseridos em sistemas lógicos e gerar conhecimento. Desta aparente dicotomia entre teórico e empírico, a modelização pode se constituir em uma instância mediadora (Pietrocola, 1999:10).

Para chegar ao conceito da realidade, segundo Bunge (1974), parte-se das idealizações, na forma da identificação das suas características gerais. Assim, para o autor, instala-se um objeto-modelo ou modelo conceitual de uma coisa ou de um fato e se designa ao mesmo propriedades possíveis de serem sustentadas por teorias. Os objetos-modelos, apesar do alto grau de realidade, não permitem nenhuma operacionalização que vá além do estabelecimento de semelhanças. (Pietrocola, 1999:10)

Já a construção de uma teoria do objeto-modelo requer, para Bunge, um modelo teórico. Ressalta-se que todo modelo teórico é parcial e aproximativo (Bunge, 1974:30), pois somente os elementos do trabalho científico, como a observação, a intuição e a razão, não permitem o conhecimento do real, mas o método da modelagem e da sua comprovação apresenta um bom resultado no conhecimento da realidade. De maneira geral, podemos dizer que um modelo é resultado de uma reflexão sobre uma parte da realidade e da tentativa de entender e ou agir sobre ela. (Bassanezi em Pinheiro, 1996:75).

Os modelos e a modelização vem sendo estudados nos últimos anos, no escopo da didática das ciências. Algumas considerações são levantadas por Astolfi (2001), que afirma que a presença da modelização em sala de aula advém da necessidade de explicação que não satisfaz o simples estabelecimento de uma relação casual (Astolfi, 2001:104) e os modelos científicos são apresentados para os alunos como a realidade diretamente interpretada muito mais do que representações construtivas, conscientemente reduzidas e calculáveis. (Astolfi, 2001: 105).

Para Martinand em Astolfi (2001), os modelos permitem a apreensão da realidade em razão de dois motivos:

1) Facilitar a representação do "escondido", pois substituindo as primeiras representações por variáveis, parâmetros e relações entre variáveis, fazem com que se passe a representações mais relacionais e hipotéticas. (Martinand em Astolfi, 2001:103).

2) Auxiliar a pensar o "complexo", porque identificando e manipulando bons sistemas, permitem descrever as variáveis de estado e de interação, as relações internas entre essas variáveis, os valores de imposições exteriores. (Martinand em Astolfi, 2001:103).

A construção de atividades de modelização de eletromagnetismo, estruturando propriedades do modelo e comparando as atividades experimentais, pode facilitar aos alunos reconhecer a diferença entre a referência empírica e os mode-

los, pois o *trabalho didático sobre a modelização não se opõe ao trabalho experimental, mas sim o complementa*. (Astolfi, 2001:107). O autor deixa claro que nem todos os modelos científicos se equivalem, e cada um deles faz com que atuem especificamente três elementos que interagem entre si: a) Uma representação com elementos visuais, como maquetes, modelos de estrutura, etc.; b) Uma construção teórica que possa substituir a relação dos dados empíricos; e c) O estabelecimento de símbolos sujeitos a regras operatórias bem definidas que possam substituir os conceitos e as relações dos sistemas. Em razão do estabelecimento destes elementos, podemos afirmar que os modelos estão atrelados à natureza das disciplinas, pois *um modelo em biologia nunca atingirá a formalização de um modelo em física* (Bunge em Astolfi, 2001:107).

Em razão destas condições apresentadas anteriormente, podemos afirmar a importância e necessidade do uso de modelos no ensino de eletromagnetismo, facilitando a aprendizagem dos seus conceitos. A utilização dos modelos, segundo Martinand (1986), possibilita ao aluno uma melhor aprendizagem das características mais importantes da realidade. O autor ainda afirma que existe na construção da ciência um caráter dual na constituição dos modelos: o *hipotético* e *sistemático*, de que os alunos devem, assim, se apropriar.

Portanto, para Bunge em Pietrocola (1999), os modelos são a essência do próprio trabalho científico e,

...da mesma forma acreditamos que eles devam também o ser para o ensino de ciências, pois ao construirmos modelos exercita-se a capacidade criativa com objetivos que transcendem o próprio universo escolar. A busca de construir não apenas modelos, mas modelos que incrementem nossas formas de construir a realidade, acrescenta uma mudança de "qualidade" ao conhecimento científico escolar. (Pietrocola, 1999:12)

Assim, para a melhoria da qualidade do ensino de ciências, o professor deve buscar fazer uso de modelos, trabalhando a modelização com seus alunos. Ou seja, melhorar a qualidade do conhecimento científico escolar ensinado, assegurando assim, uma melhor relação com o mundo em que vivemos.

Os quatro pontos abaixo mostram, resumidamente, a importância dos modelos e o processo de modelização, já que os mesmos podem ser um meio de transformação dos conteúdos de ensino, pois: *"a) se modeliza visando apreender o real; b) todo modelo científico se traduz como um incremento à compreensão da realidade do mundo; c) assim como na ciência, a construção de modelos é resultado de um processo criativo mediado pelos/e entre os homens pela ação da razão; e d) a sala de aula deveria conter atividades de onde se passasse de um real imediato (forjado pelo senso comum) a um real idealizado pela ciência."* (Pietrocola 1999:13)

Poderíamos também pensar como Bunge (1980), quando fala da natureza dos objetos conceituais, que entende constructoⁱⁱ como uma criação mental, cerebral, e não como objeto mental ou psíquico, tal como uma percepção, uma invenção, uma lembrança. Por exemplo, para um aluno, pensar em campo magnético gerado por uma corrente, quando ele não "está lá" não é correto mas é que na realidade o "campo magnético" não tem que existir, ele é um constructo

de alto nível. Esse termo, constructo, é empregado na tradução para o português dos livros de Bunge. Assim, seria possível pensar no "campo magnético" como um constructo, pois o autor se refere a elementos como força, energia, entropia, etc..

2. Os Modelos Mentais

Da mesma forma como os físicos constroem modelos da natureza, os alunos também constroem seus modelos. Contudo, há uma diferença fundamental: os modelos físicos são modelos conceituais, ou seja, modelos inventados por pesquisadores para facilitar a compreensão ou o ensino de sistemas físicos, desta forma, são representações precisas, consistentes e completas de fenômenos físicos. Contudo, os modelos dos alunos, ou de qualquer pessoa, inclusive os que criam modelos conceituais, são modelos mentais, ou seja, modelos que as pessoas constroem para representar fenômenos físicos ou fenômenos abstratos. Estes modelos não precisam ser precisos ou completos, como geralmente não o são, mas devem ser necessariamente funcionais, evoluindo naturalmente. Interagindo com o sistema, o indivíduo modifica seu modelo mental a fim de alcançar e manter sua funcionalidade.

Explicitamente, o termo modelo mental não possui um significado consensual quando utilizado em investigação no ensino das ciências. Sem entrar na discussão dos diferentes significados atribuídos ao termo, embora este tenha sido um ponto importante na preparação da nossa investigação inicial, podemos citar a concepção de modelo mental defendida por Jonhson-Laird em Moreira (1996), por esta ser, provavelmente, a mais abrangente e a mais utilizada em estudos análogos. Segundo este autor, os modelos mentais são representações analógicas de conceitos, objetos ou acontecimentos, formados por elementos ("*tokens*") e por relações entre elementos que permitem aos indivíduos que os possuem fazer previsões sobre um determinado sistema físico que o modelo represente de forma analógica (Moreira, 1996:196). O autor também acrescenta que o raciocínio acerca de um problema específico é facilitado, se o indivíduo utilizar e manipular um modelo mental que represente a informação relevante de forma apropriada para a sua resolução, não usando as regras de inferência lógica, embora sendo capaz de o fazer.

Borges (1997) nos coloca que raciocinar sobre sistemas físicos consiste em imaginar como um dado estado de coisas desdobra-se em uma série de outros eventos, o que pode ser entendido em termos de nossos modelos mentais. Um modelo mental é conhecimento sobre uma determinada questão ou domínio que usamos para pensar sobre eles por meio de simulação mental. Tais modelos têm a característica de capacitar-nos a realizar ações inteiramente na imaginação. Isso permite-nos internalizar as representações que criamos para as coisas e estados de coisas no mundo e processá-los como se fossem externos. Várias pesquisas têm mostrado que as inferências que alguém faz sobre uma determinada questão depende dos modelos adotados.

Para ilustrar as afirmativas anteriores, Gentner e Gentner em Borges (1997), identificaram dois modelos de eletricidade usados por uma população de estu-

dantes americanos: a analogia com um circuito hidráulico, muito utilizada em sala de aula no Brasil, e a analogia com objetos em movimento:

1º Na primeira, as baterias são reservatórios de água, podendo explicar as ligações série/paralelo. Os resistores elétricos são canos de vários diâmetros, onde pode ocorrer variação do fluxo de água, explicando a variação da corrente nestes resistores. Esta representação peca na explicação da combinação de resistores.

2º Já na segunda, os objetos em movimento, a bateria é imaginada como uma bomba, forçando os objetos a movimentarem-se pelo circuito, enquanto que os resistores são vistos como obstáculos dificultando a passagem dos objetos pelo circuito.

Podemos observar que as explicações do segundo modelo para a associação de resistores é mais condizente com o conhecimento científico. Dessa forma, podemos inferir, baseados no estudo de Gentner e Gentner em Borges (1997), que os modelos mentais dos estudantes sobre um certo domínio influenciam a maneira como eles tratam os problemas propostos naquela área.

Uma visão oposta, de que ter um modelo não é necessário, na área ligada à produção/utilização de equipamentos, tais como os manuais técnicos por exemplo, podemos extrapolar a muitos manuais de experimentos científicos tipo “receita de bolo”, que, geralmente, mostra aos usuários ou alunos como proceder para que o equipamento funcione, sem se preocupar com os princípios básicos de funcionamento.

Segundo Mayer em Borges (1997), a apresentação de um modelo conceitual ajuda alunos a construírem melhores modelos mentais do domínio, organizando e integrando o novo conhecimento. Dessa forma, *um modelo icônico deve ter algumas características: ser completo, isto é, representar todos os elementos estruturais e exibir todas as relações entre eles para que possa ser usado produtivamente pelo estudante* (Borges, 1996:8), o que justifica a grande dificuldade apresentada na visualização e compreensão dos conceitos do eletromagnetismo nos livros didáticos hoje utilizados. Além disso, o nível de detalhe e as relações, estruturas e ações das partes do modelo devem ser adequados ao nível de compreensão do estudante. O modelo deve ser claro a respeito do seu escopo e limitações para representar o sistema alvo e usar um vocabulário adequado aos estudantes. Termos novos devem ser cuidadosamente explicados.

A seguir relatamos um trabalho de exploração do entendimento conceitual de eletromagnetismo, envolvendo estudantes, usando a mesma idéia de progressão.

3. O entendimento dos estudantes

Uma contribuição para a descoberta de aspectos relevantes que alargam o campo dessa investigação remete às entrevistas, de forma exploratória, com estudantes, na busca de manifestações espontâneas e não formais de sala de

aula que contivessem informações relativas às suas dificuldades de “entender” a fenomenologia do eletromagnetismo.

As entrevistas foram realizadas ao longo do segundo semestre de 2003. Num primeiro momento, escolhemos estudantes do Ensino Médio para serem entrevistados (entrevistas semi-estruturadas). Estas entrevistas ocorreram após os alunos terem estudado a unidade de eletromagnetismo em suas escolas de origem. O mesmo procedimento foi aplicado a alunos universitários (basicamente licenciados em Física) após terem cursado a disciplina de Física Geral III (Eletromagnetismo) de seu curso.

A amostra contou com 8 (62%) alunos advindos imediatamente do Ensino Médio e 5 (38%) do Ensino Superior, num total de 13 estudantes. Esse total dividiu-se em 9 alunos do sexo masculino (69%) e 5 alunos do sexo feminino (31%), cujas idades variavam de 19 a 44 anos, sendo: 2 com 18 anos, 2 com 19 anos, 2 com 20 anos, 2 com 22 anos e 6 respectivamente com 24, 25, 30, 31, 39 e 44 anos. Não levamos em consideração a origem étnica dos envolvidos, uma vez que este fator foi considerado irrelevante: todos são brasileiros sem características étnicas marcantes.

Apresentamos esse estudo com um primeiro objetivo de tentar identificar se os alunos do nível médio e superior possuem modelos mentais de Eletromagnetismo, principalmente no tocante a visualização tridimensional dos fenômenos eletromagnéticos. Ao trabalharmos com alunos de dois níveis de escolaridade e experiência com eletricidade, tentamos descrever as mudanças nos modelos à medida que os usuários adquirem conhecimento e experiência com a área, conforme indicado por Greca e Moreira (1996). Como segundo objetivo, a tentativa de detectar se o domínio de um ferramental matemático, das relações funcionais entre as grandezas do eletromagnetismo, era ou não dominados e, no caso positivo, se era suficiente para reduzir as dificuldades de aprendizagem manifestadas no Ensino Médio.

Segundo Borges (1997), a construção do instrumento de pesquisa deve ser orientada pelas questões que um modelo mental pode responder: Como é o sistema? De que ele é feito? Como ele funciona? O que ele faz? Para que ele serve? *Parte dessas questões são factuais e servem para estabelecer o contexto da entrevista, enquanto que outras exigem mais reflexão dos sujeitos.* (Vosniadou e Brewer em Borges, 1997:9)

Levando essas indagações a contento, nas entrevistas os alunos trabalharam com três situações experimentais envolvendo eletromagnetismo. A entrevista foi separada em duas etapas: a primeira etapa, denominada por nós de “etapa das gravuras”, e a segunda, “etapa do concreto”. Basicamente, aplicou-se a mesma metodologia de Borges (1996), em que cada aluno era estimulado a descrever e fazer previsões sobre o resultados de cada atividade mostrada em gravuras e explicava ou tentava explicar as razões que o levavam a esperar por tal resultado, depois realizava o experimento e por fim explicava o acordo ou desacordo entre predição e resultado.

Na etapa das gravuras eram apresentados três ilustrações/esquemas, ampliadas e impressas em folhas de tamanho A4, escolhidas nos livros didáticos do Ensino Médio. Foram apresentadas uma a uma e indagados sobre o que viam na figura, se conseguiam explicar algum fenômeno representado na figura, e quais as dificuldades ou não advindas desta análise.

A primeira figura/experimento (Figura 1) relacionava-se ao experimento de Oersted, da geração de um campo magnético em torno de um fio em que passa uma corrente elétrica:

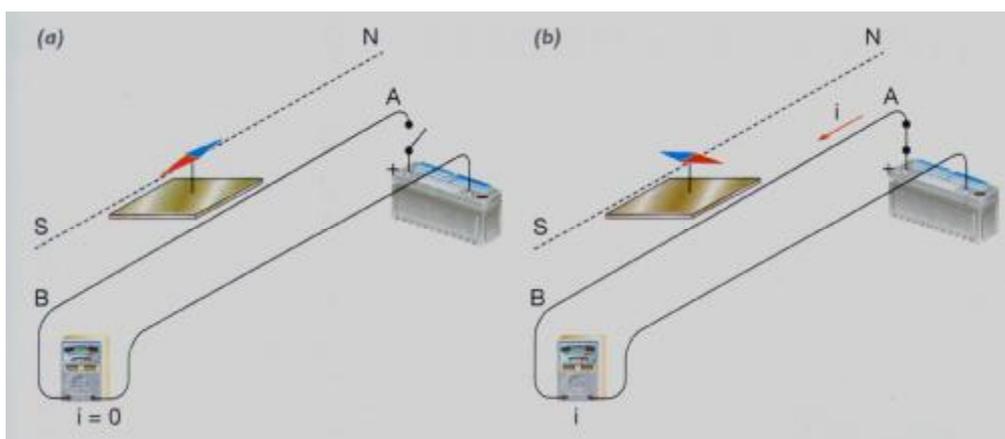


Figura 1 (Alvarenga e Máximo, 2000:225)

A segunda figura/experimento (Figura 2) relacionava-se à força magnética que age em um fio em que passa uma corrente elétrica, imerso em um campo magnético:

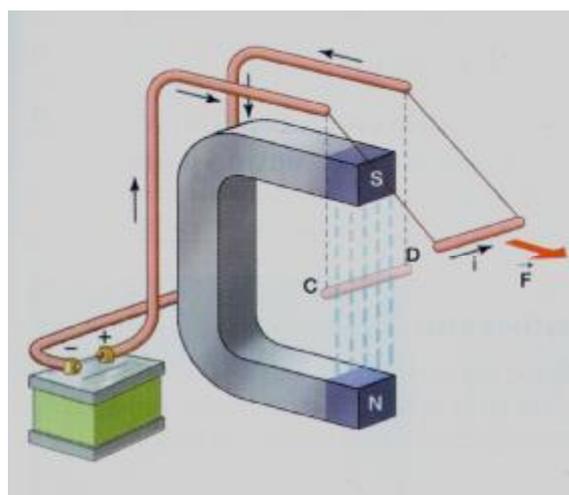


Figura 2 (Alvarenga e Máximo, 2000:237)

A terceira figura/experimento (Figura 3) relacionava-se à indução eletromagnética de um ímã em movimento dentro de uma espira de fio condutor:

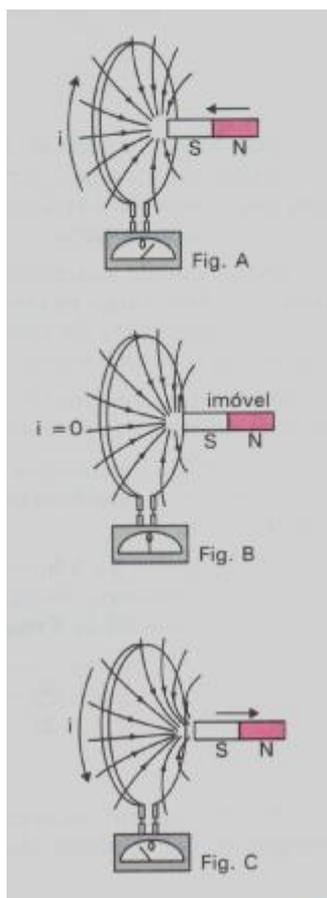


Figura 3

Na segunda etapa foram trabalhados os mesmos conceitos relativos às figuras em montagens experimentais, concretas, que o entrevistado poderia tocar/manusear (Figuras 4, 5 e 6). Foi então solicitada a explicação do fenômeno eletromagnético oferecido em cada montagem; a relação das variáveis (campo, corrente e força, etc) envolvidas e a aplicação das regras matemáticas.



Figura 4



Figura 5

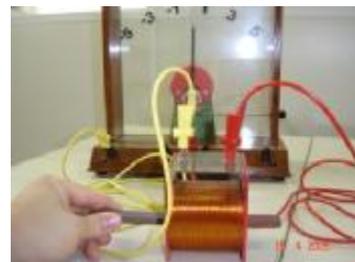


Figura 6

Depois de o aluno fazer previsões sobre o resultados da etapa de gravuras e explicar as razões que o levavam a esperar por tal resultado, era realizado o experimento e, por fim, o aluno explicava o acordo ou desacordo entre previsão e resultado (Borges, 1996).

Essa seqüência de previsão, observação e explicação é, segundo White e Gustone em Borges (1997), bastante aceita como uma maneira eficiente de produ-

zir informações sobre os modelos mentais usados pelos alunos. A seqüência de indagações em cada atividade começou com questões gerais. Estas procuram determinar se os alunos reconhecem os objetos que compõem a atividade, para que servem ou para que são usados, e por que são usados da forma como o são e, após, são apresentadas indagações que exigem maior reflexão.

Em razão das questões levantadas anteriormente, elegemos três aspectos que foram considerados importantes para análise das entrevistas:

1º) o que é que produz magnetismo ou o campo magnético, isto é qual é a natureza do campo magnético;

2º) qual a “forma” do campo magnético; e

3º) como se dá a interação eletromagnética com outros objetos.

Selecionamos assim alguns aspectos relevantes por nós considerados e, junto, apresentamos trechos das entrevistas de alguns dos alunos, para caracterizar as tentativas de representações. Registre-se que em nenhum momento tentamos identificar modelos mentais construídos pelos alunos, apenas inferimos que, provavelmente, eles não chegaram a construir tais modelos.

Para estabelecer uma nomenclatura, ao reproduzirmos as falas do entrevistador, as indicaremos por P, e as respostas dos entrevistados indicaremos com R. Para diferenciar os entrevistados, a fim de preservar a identidade dos alunos, numeramos os mesmos de 1 a 13 na ordem original das entrevistas, sendo que R1 corresponde à resposta do 1º entrevistado, R2 a resposta do 2º entrevistado, e assim por diante.

Já num primeiro momento, podemos perceber, analisando as entrevistas de uma forma geral, que, apesar de todos os alunos já terem estudado esta parte do eletromagnetismo, houve uma grande dificuldade, não só na descrição do fenômeno físico, mas também na compreensão dos símbolos e desenhos nas figuras apresentadas. Ou seja, a representação gráfica não unificada dos livros didáticos representa uma dificuldade a mais nas representações dos alunos.

Podemos observar esta dificuldade em 11 entrevistados (85%), a título de exemplo, reproduzindo as falas de alguns entrevistados ao responderem uma questão geral sobre o que observam na Figura1 (Exp. de Oersted).

R1... é um negócio de pilha e bateria...

R3...a corrente elétrica, a voltagem...

R6...parece uma agulha de uma bússola, talvez um galvanômetro...

R7...eu aprendi sobre isto, mas não consigo dizer somente na figura.

R8... que dá para perceber que o “i” esta passando...tem que pegar um pouco de explicação.

Mesmo o grupo de alunos do Ensino Superior do curso de Física, que a priori já têm uma bagagem maior de conhecimento, também tiveram, em menor grau, alguma dificuldade no reconhecimento dos desenhos, como podemos observar:

R10: ...tá, parece uma agulha de uma bússola, um suporte fixo, onde você tem próximo a ela, você tem aqui um galvanômetro, eu não sei se é um amperímetro aqui, mas é um ...

A descrição das gravuras nos mostra que o entendimento daquilo que os autores dos livros querem transmitir com as referidas gravuras/desenhos não é simples. As dificuldades na articulação de frases explicativas que contivessem alguma consistência teórica foram de difícil obtenção. Observa-se – por estar o entrevistador presente e não pelo registro de áudio – que há uma tentativa de explicar “as coisas” através de gestos e uso de mãos e braços. O entrevistado procura substituir as palavras por gestos. Isto se confirma quando ocorre a segunda parte da entrevista.

Continuando a análise das figuras, já em relação a criação ou ao aparecimento do campo magnético em torno do fio, 12 (92%) dos entrevistados conseguiram reconhecer a existência de um campo magnético, ou pelo menos o efeito magnético sobre a agulha. Somente um dos entrevistados não conseguiu realizar tal conclusão. Contudo, novamente, apenas pelas gravuras, para a grande maioria não foi possível o estabelecimento de uma relação com a corrente nem tampouco com a forma deste campo:

R1:...é que quando tem... eu sei a definição de campo, agora não sei se aqui tem, quando tem uma... , vamos supor, uma carga, só que daí é carga para campo magnético. Quando tem uma carga em movimento ela cria em volta de si um campo magnético.

Novamente o grupo dos alunos do nível superior aproximou-se do modelo conceitual, mas em nenhum dos casos houve uma abordagem da forma deste campo:

R10: aqui, então, passa a corrente, fecha a chave, circula uma corrente aqui no condutor, que vai produzir um campo magnético, nesse...

P: estás me indicando com o dedo, estás passando com o dedo por cima dessa linha aí.

R10: aí vai fornecer um campo magnético e a bússola vai orientar através desse campo magnético produzido pela corrente... se eu não soubesse da regra da mão direita, do Eletromagnetismo, não saberia que ele está em volta do fio. Só iria saber que teve um campo, ou alguma coisa, mas não...

Após a etapa das gravuras, são mostradas as montagens experimentais. Quando incitados a descreverem estas, as respostas foram muito mais animadoras. Muitos conseguiram uma melhor visualização do fenômeno (exp. de O-

erted, por exemplo), além de entender e descrever com mais detalhes os aparatos experimentais.

Abaixo estão algumas respostas:

R1...vendo assim fisicamente a pessoa consegue raciocinar mais que teoricamente. Na verdade quando estava estudando deveria ter experiência de laboratório. Seria mais prático memorizar.

R2...pelo desenho não dá para verificar essa mudança, essa influência do campo. Pelo experimento é possível quando eu faço a aproximação...tem uma representação.

R3...no experimento eu posso ligar aqui e ali, no desenho não

Por outro lado, também obtivemos através das entrevistas a confirmação de algumas respostas que corroboram uma de nossas hipóteses iniciais. Lembremos que uma de nossas hipóteses era que muitas das dificuldades advém da visualização espacial das interações entre as grandezas físicas e não pelas relações matemáticas que envolvem estas grandezas (lembrando que todos já tinha estudado tais tópicos). A maioria dos entrevistados somente conseguiu observar com clareza a relação tridimensional entre as grandezas quando foi mostrada a montagem experimental.

Abaixo temos os indicativos:

R1...no experimento, talvez nos eixos, há informação das direções de cada componente...são três dimensões.

R2...nos desenhos é uma situação tridimensional, mas projetada no plano gera dificuldade.

R4...é muito mais fácil imaginar o campo na parte experimental, é três dimensões.

4. Palavras finais

A amostra dos dados obtidos pelo instrumento utilizado é indicadora de que a presente investigação aponta para um diagnóstico mais consistente das dificuldades ou obstáculos de aprendizagem dos fenômenos eletromagnéticos. As hipóteses iniciais foram corroboradas com a análise e cruzamento dos dados.

Em razão destes indicativos, poderíamos inferir que a compreensão significativa dos conceitos de eletromagnetismo exigiria um ensino bastante diferente daquele que os alunos aqui pesquisados vivenciaram. Seria preciso um ensino que ajudasse os alunos a modelarem as leis e conceitos mentalmente e, em seguida, modelarem a situação física envolvida, o que certamente viria a facilitar a aprendizagem desses conceitos. Mas não é isso o que ocorre: os conceitos são simplesmente apresentados aos alunos, juntamente com as relações matemáticas e, a seguir, já se parte para a aplicação em problemas. Sequer é

devotada atenção ao crucial fato de que é necessário saber como é o campo magnético e suas implicações, para então enquadrá-lo em uma relação matemática.

As relações funcionais entre as grandezas do eletromagnetismo deveriam ser introduzidas através do fenômeno eletromagnético básico que elas descrevem, porém isso não seria suficiente. Seria necessário também ensinar ao aluno técnicas de modelagem física e abstração, por exemplo, que o auxiliassem a construir modelos mentais que pudessem dar significado ao modelo conceitual que lhes foi ensinado. Tais modelos poderiam evoluir para esquemas de assimilação que o aluno acionaria para lidar com situações que envolvessem esses conceitos.

Propusemos assim, identificar as dificuldades dos alunos e a interpretá-las. Dessa forma, observamos a dificuldade básica como a maior dificuldade dos alunos: a construção de um modelo mental tridimensional. Os alunos não vão além de percebê-la como um método, ou uma fórmula, para resolver determinado tipo de problema. Na verdade, isso não é surpreendente no contexto do ensino da Física: os alunos tendem a ver a Física como uma ciência "de fórmulas".

Um ponto importante a ressaltar é que a habilidade do aluno em explicar e prever eventos e fenômenos físicos evolui ao mesmo tempo em que os mesmos adquirem modelos mentais mais sofisticados dos domínios envolvidos. *Tais modelos evoluem com o desenvolvimento psicológico e com a instrução, num processo conhecido como mudança conceitual* (Borges,1997:8). Um estudo atual de Driver em Borges (1997) sobre as concepções dos estudantes acerca de vários tópicos de ciências mostra a existência de tendências semelhantes na evolução de tais concepções. *Em particular, eles apontam que as concepções dos estudantes tendem a evoluir através da construção de novas entidades para a descrição de eventos e fenômenos, e através de desenvolvimento de estratégias de raciocínio.* (Borges,1997:8).

Acreditamos que a atividade escolar é uma atividade dinâmica, constituída por inúmeros aspectos que se interferem entre si. Cada ano letivo e cada turma possuem características próprias, que lhes conferem uma certa exclusividade. Assim, no ambiente escolar, os resultados de uma determinada investigação dependem do contexto no qual é realizada e devem ser relativizados. Os dados de uma investigação, por si sós, não são suficientes para generalizações e conclusões definitivas e é praticamente impossível uma interpretação exclusivamente analítica. Assim, as explorações que realizamos não fornecem dados a serem utilizados como provas ou apoios para as conclusões de nosso trabalho. Elas têm por objetivo fornecer indicativos para verificarmos, até que ponto, os resultados de futuras pesquisas realizadas em outros contextos poderão se confirmar em nossa realidade.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARENGA, B. & MÁXIMO, A. Curso de Física. Vol.3. São Paulo: Spicione, 2000.
- ASTOLFI, J.P. & DEVELAY, M. A didática das ciências. São Paulo: Papyrus, 1995.
- BORGES, A. T., O papel do laboratório no ensino de Ciências. Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. MOREIRA, M.A. et al. (org.) Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 1997.
- BORGES, T. Como Evoluem os modelos mentais. Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte. Vol. 1, No. 1, 85-125,1999.
- BORGES, T. Um Estudo de Modelos Mentais. Investigações em Ensino em Ciências. Porto Alegre, 1997. Disponível on-line em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol2/n3/borges.htm>
- BUNGE, M. Natureza dos objetos conceituais. In: Bunge, M. Epistemologia: Curso de atualização. (tradução Cláudio Navarra). EDUSP. São Paulo. P.39-50, 1980.
- BUNGE, M. Teoria e realidade. São Paulo: Perspectiva, 1974.
- DRIVER, R. Psicologia cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias, Vol. 4, nº1, p. 3-15, 1986.
- FOUREZ, G. Alfabetización Científica y Tecnológica: acerca de las finalidades de las enseñanza de las ciencias. Ediciones Colihue, Buenos Aires, Argentina, 1997.
- GASPAR, A. FÍSICA. Vol.3. São Paulo: Ática, 2000.
- MARTINAND, J. L.(1986), Enseñanza y a aprendizaje de la modelización. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pag. 45, 1986.
- MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 95-108, dez. 1996.
- PIETROCOLA, M. Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. Investigações em ensino de Ciências. Vol. 4, n. 3, dezembro de 1999. Disponível on-line em: www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol4/n3/v4_n3_a3.htm
- PINHEIRO, T. F., Aproximação entre a Ciência do Aluno na Sala de Aula da 1ª Série do 2º Grau e a Ciência dos Cientistas: Uma Discussão. Dissertação de Mestrado em Educação, Florianópolis, UFSC, 1996.

ⁱ Físico argentino, PhD em Física-Matemática, professor de Filosofia das Ciências em Buenos Aires e no Canadá. Autor de mais de 80 livros e 400 publicações, com ênfase na Filosofia das Ciências.

ⁱⁱ Do dicionário Houais: Constructo = "construção puramente mental, criada a partir de elementos mais simples para ser parte de uma teoria."