
O PAPEL DO QUESTIONAMENTO: INTERVENÇÕES DO PROFESSOR E DO ALUNO NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO⁺*

Zenar Pedro Schein

FACCAT – Departamento de Matemática

Taquara – RS

Suzana Maria Coelho

Faculdade de Física – PUCRS

Porto Alegre – RS

Resumo

O artigo apresenta resultados de uma pesquisa, realizada com alunos das primeiras e segundas séries de uma escola particular do Ensino Médio, na qual se investigou como as intervenções do professor e do aluno interferem na aprendizagem. Como princípios norteadores do trabalho, optou-se por uma epistemologia construtivista e por educar pela pesquisa e adotou-se, como prática social de referência, a atividade científica. Em um contexto de atividades experimentais sobre o equilíbrio dos corpos que culminaram com a construção e utilização de uma balança analítica, discute-se o papel do questionamento na construção do conhecimento do aluno. O questionamento aparece como ferramenta facilitadora da aprendizagem do aluno por favorecer a explicitação do seu conhecimento prévio e o desenvolvimento de capacidades de observação, investigação e explicação, assim como por estimular o estabelecimento de um maior número de conexões entre o real e o abstrato e contribuir para o progresso do aluno para níveis de maior complexidade conceitual.

Palavras-chave: *Questionamento, experimentação, construção do conhecimento.*

⁺ The role of questioning: teacher and student interventions in knowledge building

* *Recebido: agosto de 2005.
Aceito: fevereiro de 2006.*

Abstract

The paper presents results of a research carried out with high school students, aged 15 and 16, from a private school, in which it was investigated how interventions by teacher and student contribute to the learning process. The chosen guidelines for this research were a constructivist epistemology and the enquiry-based teaching, and for social practice reference, the scientific activity. The role of questioning in student knowledge building is discussed in a context of experimental activities on body equilibrium that culminated with the construction and use of an analytical scale. Questioning appears as a student learning facilitator for it enables the expression of students' previous knowledge and the development of observation, investigation and explanation skills, as well as for stimulating the organization of a greater number of connections between the real and the abstract domains, and contributing for student progress into higher conceptual complexity levels.

Keywords: *Questioning, experimentation, knowledge building.*

I. Introdução

Vários autores (GIORDAN; VECCHI, 1996; MORAES, 2000; COELHO; KOHL; DI BERNARDO, 2002) destacam a importância do questionamento na aprendizagem. Segundo Moraes (2000), a atitude questionadora está diretamente relacionada com a atitude pesquisadora, estabelecendo-se uma relação de partida e contrapartida, de pergunta e de informação, cada resposta podendo ser um questionamento que, se devidamente elaborado pelo professor, passa a constituir um verdadeiro desafio ao aluno. A ausência de questionamento é concebida, muitas vezes, como um obstáculo na construção do saber e sua presença aparece como um dos aspectos positivos, tanto na ação do professor como na dos alunos (COELHO; KOHL; DI BERNARDO, 2002). Giordan e Vecchi (1996, p. 169) consideram “essencial, portanto, criar situações científicas ‘perturbadoras’ caso se deseje ir mais adiante na construção do saber”. Para esses autores, é por meio de questionamentos que o aluno seleciona as informações que apreende.

Essa atividade cria uma filtragem da realidade; através dela é que o aprendente extrai as informações que apreende. É também uma fonte de progresso no aprendizado, pois suscita desequilíbrios que incitam o aluno a superar seu estágio atual para procurar novas soluções (GIORDAN; VECCHI, 1996, p. 168).

Ao propor questionamentos, o professor pode problematizar situações relacionadas ao conhecimento prévio dos alunos. Nesse sentido, Moraes (2000, p.122) afirma que “as perguntas serão mais significativas quanto mais estiverem relacionadas ao conhecimento prévio dos alunos”.

Embora a formulação de perguntas orientadoras possa ser uma prática desejável e comum em sala de aula, o tempo destinado à elaboração das respostas dos alunos é, em geral, tão reduzido que não se permite aos mesmos a construção de respostas consistentes.

Assim sendo, acredita-se ser relevante realizar uma reflexão, com base em resultados de pesquisa, sobre o papel do questionamento em atividades experimentais, discutindo-se como as intervenções do professor e do aluno interferem na construção do conhecimento.

II. Fundamentos epistemológicos e didáticos

Alguns princípios nortearam o desenvolvimento das atividades propostas nesta pesquisa, entre eles, o *construtivismo*, o *educar pela pesquisa* e a consideração da *atividade científica como prática social de referência*.

Em uma abordagem construtivista é reconhecido que o aluno possui um conhecimento anterior, no qual se ancora o novo, construído através do diálogo, da pesquisa, da leitura, da reflexão e das interações com seu cotidiano, com o professor e com os próprios colegas. Conforme Moraes:

Defendemos que o construtivismo é uma postura epistemológica que entende que o conhecimento se origina na interação do sujeito com a realidade ou desta com o sujeito, seja ela a realidade física, social ou cultural. Por isto, este processo necessita ser concebido além do nível individual. O processo de construção ocorre juntamente com os outros (2000, p. 116).

O professor que se identifica com uma postura epistemológica construtivista cria espaço para o desenvolvimento de pesquisa e elaboração de questionamentos em sala de aula, manifestando flexibilidade e tolerância em suas ações pedagógicas.

Além disso, na concepção da educação pela pesquisa, o aluno passa a ser o centro, o sujeito e o professor, o orientador, e é este último quem propicia ao aluno ser o sujeito e o centro do processo ensino-aprendizagem. O professor deixa de ser o único detentor do conhecimento e passa a ser um pesquisador e orientador junto a seu aluno. A educação pela pesquisa libera o aluno da passividade (DEMO, 2000a). A intervenção direta do aluno no processo formativo favorece a construção e inter-relação de conceitos, permitindo uma melhor conexão entre os conhecimentos trabalhados em sala de aula e aqueles adquiridos no seu dia-a-dia.

Segundo Demo:

Torna-se premente assumir, definitivamente que a melhor maneira de aprender não é escutar aula, mas pesquisar e elaborar com mão própria, sob orientação do professor. Não é mister combater a aula, mas esta mantém apenas a função de promover pesquisa e elaboração própria (2000b, p. 85).

Atividades de investigação pressupõem que o aluno possa construir questionamentos em função do que pretende conhecer e criar, assim como sobre as formas de argumentar.

Finalmente, a abordagem experimental escolhida reflete, de alguma maneira, a atividade científica. Para Séré, Coelho e Nunes (2003, p. 41), “ao diversificar as atividades e as abordagens e dando-lhes uma conotação mais de acordo com as atividades científicas, cria-se no aluno uma nova motivação e um novo interesse para as atividades experimentais”.

A construção e a aplicação de um objeto técnico, no caso uma balança analítica, são atividades que refletem a atividade científica, pois se aproximam da coerência do modo de fazer ciência, favorecendo a aprendizagem não somente de aspectos de ordem cognitiva, mas também de métodos e de atitudes. Essa relação de aproximação pode ser caracterizada por uma prática social de referência, conceito esse criado por Martinand (1986, apud ASTOLFI, DEVELAY, 2002) e que enfatiza a importância de se tomar como referência atividades sociais para desenvolver atividades escolares. No presente trabalho, tomou-se como referência a atividade científica.

III. Metodologia

III.1 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada durante quatro oficinas de atividades experimentais, de aproximadamente duas horas e trinta minutos cada uma, com a participação de alunos das primeiras e segundas séries de uma escola particular do Ensino Médio. As oficinas desenvolveram-se em grupos para favorecer a interação, a confrontação de idéias, a reflexão e a discussão.

A intervenção do professor-pesquisador teve uma função importante na coleta de dados, ao observar aquilo que os alunos relatavam e faziam, ao analisar e alterar a estrutura dos planejamentos, apresentando novas orientações sempre que necessário e intervindo. O professor foi flexível no seu planejamento, auxiliando os alunos na organização de idéias e procedimentos, instigando-os à confrontação e expressão dos mesmos. As questões formuladas tinham por objetivo incitar os alunos à intervenção, à participação e à elaboração de novos questionamentos. Foram também utilizadas técnicas, como a utilização de expressões breves, o procedimento dito “espelho” – repetição de palavras – e a realização de sínteses parciais ou reformulações dos discursos dos

alunos. Coube ainda ao professor não dar respostas, mas sim promover uma reflexão que se aprofundava quando se dirigia ao aluno com outro questionamento.

Os alunos foram estimulados a participar ativamente das oficinas, construindo material experimental, realizando experimentos, confrontando suas idéias com as dos demais colegas e realizando intervenções durante as atividades.

Os registros dos dados durante as oficinas foram obtidos por meio de gravações, de fotografias, de relatórios dos alunos e de observações escritas, feitas no decorrer das atividades pelo professor-pesquisador.

III.2 Experimentos

A pesquisa foi realizada com base em diversos experimentos sobre equilíbrio dos corpos dos projetos IPE e RIPE¹, sendo o experimento final o da construção e aplicação de uma balança analítica.

Os experimentos selecionados constituem uma unidade didática que culminou com a balança analítica e contemplam conceitos fundamentais para a compreensão do seu funcionamento, a saber: centro de gravidade, momento de uma força ou torque, sensibilidade de uma balança em forma de T, balança analítica e aplicações da balança analítica.

O experimento que aborda o conceito de *centro de gravidade* é, por exemplo, fundamental para a compreensão do funcionamento de uma balança, pois possibilita o estudo dos tipos de equilíbrio de um corpo, relacionando estes últimos com a posição do centro de gravidade do corpo em relação ao seu ponto de suspensão. O experimento sobre *momento de uma força* favorece o entendimento das condições de equilíbrio da balança. A construção e manipulação de uma *balança em forma de T* fornece aos alunos subsídios para compreenderem o significado da noção de sensibilidade de uma balança.

III.3 Atividades experimentais

Descrição dos protótipos², tarefas sugeridas pelo professor e exemplos de questões formuladas

¹ Os dispositivos experimentais construídos para a realização dos experimentos foram concebidos originalmente pelo professor Dr. Norberto Ferreira e foram reproduzidos, aperfeiçoados e testados na Faculdade de Física da PUCRS, em um intercâmbio com a Universidade de São Paulo (USP) através de um Projeto de Instrumentação para Ensino (IPE), desde 1996. O Projeto IPE/PUCRS constitui um dos pólos do projeto RIPE/USP (Rede de Instrumentação para Ensino), cujos objetivos gerais incluem o desenvolvimento de pesquisa para construção de material experimental de baixo custo

² Protótipos são os dispositivos experimentais.

Atividade 1: Centro de Gravidade

Nesta atividade experimental, os alunos construíram três protótipos utilizando massinha de modelar, lápis, prego, arruela, agulha e fio de linha. O primeiro deles é um suporte de prego (Fig. 1), constituído por um prego fixo em massinha de modelar, o qual serve para apoiar recortes de papel com formas diversas.

O professor participou da atividade como agente instigador. Sugeriu inicialmente aos alunos que construíssem o suporte acima descrito. Logo após, os alunos foram solicitados a realizar desenhos de figuras geométricas em papel e a efetuar seu recorte. A tarefa constituiu-se em equilibrar esses recortes sobre o suporte com prego e investigar em que posição eles se mantinham em equilíbrio.



Fig. 1 - Recorte de papel apoiado sobre um suporte com o prego.

O professor intervinha com perguntas:
O que vocês entendem por equilíbrio?
Agora que todos construíram o suporte com o prego, eu pergunto quais são as figuras geométricas que vocês lembram?
Quando é que vocês acham que um corpo está em equilíbrio?
Em que lugar do recorte vocês acham que vai ocorrer o equilíbrio quando ele estiver sobre o suporte de prego?

Os alunos desenharam e recortaram figuras em forma de quadrados, triângulos e retângulos e procuraram apoiar esses recortes de tal maneira que ficassem em equilíbrio sobre o suporte de prego.

O segundo é um suporte com fio de prumo (Fig. 2). O dispositivo é constituído por um lápis fixo à massa de modelar. Nesse suporte, se coloca uma agulha com fio de linha, em cuja extremidade é suspensa uma arruela.

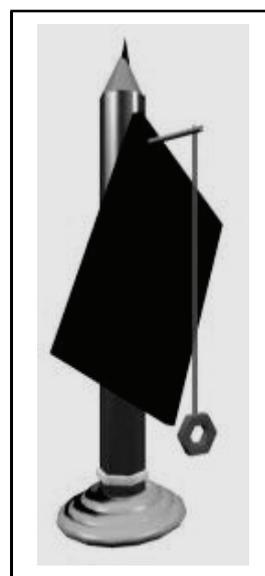


Fig. 2 - Recorte retangular suspenso em um suporte com fio de prumo.

O professor propôs aos alunos a construção desse suporte. Sugeriu também que fizessem dois furos distintos em um recorte de papel, o suspendessem nesse suporte e traçassem uma linha ao longo do fio esticado, intervindo com alguns questionamentos:

Vocês já ouviram falar em fio de prumo?

O que significa o encontro (a intersecção) das linhas verticais ali traçadas?

O que vocês observaram?

Qual a semelhança dos resultados encontrados nas duas situações (equilíbrio sobre o suporte com prego e no suporte com fio de prumo)?

O terceiro protótipo (Fig. 3) constituiu-se de um recorte “sanduíche” com distribuição não homogênea de massa. O professor solicitou aos alunos que desenhassem e recortassem três retângulos, sendo que um deles deveria ser vazado em uma das extremidades. Sobre um dos retângulos inteiros, os alunos colaram um vazado, colocaram uma moeda no espaço vazado e outro retângulo inteiro sobre este, como um “sanduíche”.

A tarefa consistia na localização do centro de gravidade desse recorte e na comparação dos resultados atuais com situações anteriores em que a distribuição de massa era homogênea.

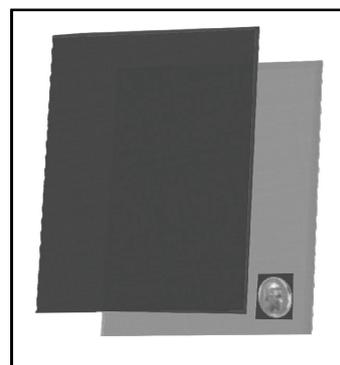


Fig. 3 - Recorte “sanduíche” com a moeda.

Momentos antes da realização da atividade, o professor indagou:

Vamos tentar achar o centro de gravidade dos retângulos com a moeda. Como é que vocês podem achar o centro de gravidade deste “sanduíche”?

Após a realização da atividade, o professor voltou a questionar:

O que vocês podem dizer sobre o centro de gravidade desses recortes? Comparem a localização do centro de gravidade do recorte retangular inteiro com o do “sanduíche”. Como se explica essa diferença?

Atividade 2: Momento de uma Força

Utilizou-se um protótipo modelo, constituído por um disco de PVC com diversos parafusos fixos para suspender arruelas de metal de massas iguais (Fig. 4).

Inicialmente, o professor instigou os alunos com alguns questionamentos:

Colocando uma arruela no quinto parafuso do lado esquerdo, onde podemos colocar outra ou outras arruelas para que o disco não gire?

Será que há outras maneiras de suspender as arruelas para que o disco não gire?

A tarefa dos alunos era investigar as possibilidades de obter-se o equilíbrio do disco, colocando as arruelas em diversas posições:

Coloque duas arruelas num dos suportes mais distantes do centro. O que aconteceu? Como podemos proceder para o disco não girar com essas duas arruelas? Esta é a única possibilidade do disco não girar? O que faz o disco girar?

Atividade 3: Balança T

A *Balança T* é um dispositivo em formato de um T (Fig. 5), construído à base de papel cartão. O seu centro de gravidade é determinado e quatro furos são marcados no recorte: um no centro de gravidade, dois acima e outro abaixo deste. Para suspendê-la, utilizou-se o mesmo suporte com o fio de prumo.

O professor sugeriu aos alunos a construção da balança acima descrita, conforme o modelo apresentado. Os alunos deveriam descobrir seu centro de gravidade e depois suspendê-la em um suporte pelos pontos 1, 2, 3 e 4, indicados na Fig. 6.

O professor indagava:

Se vocês fossem fazer uma balança, em qual ponto a suspenderiam? Qual é a diferença entre suspender a balança no ponto 1 ou no ponto 2?



Fig. 4 - Disco de PVC com parafusos.



Fig. 5 - Balança em forma de T suspensa pelo fio de prumo.

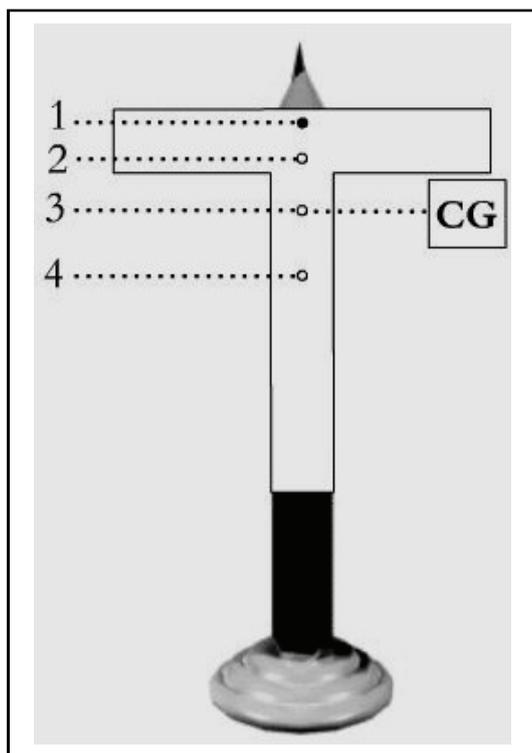


Fig. 6 - Balança em forma de T suspensa por um furo acima do seu centro de gravidade. Os números 1, 2, 3 e 4 correspondem aos furos nos quais a balança é suspensa.

Atividade 4: Balança Analítica

A construção da *Balança Analítica* fez-se com ripas de madeira balsa, cola, rolha, palito de churrasco, papel milimetrado, alfinetes, parafuso com porca, fios de linha e papel cartão. A mesma é constituída de uma base em que é fixada uma haste vertical, sobre a qual fica suspenso um travessão, que é o braço da balança. Neste, são colocados um palito com rolha, um parafuso com porca e, em uma de suas extremidades, o prato da balança (Fig. 7).

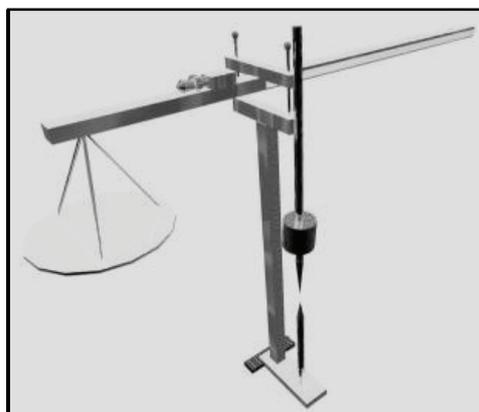


Fig. 7 - Protótipo da balança analítica.

O professor apresentou um modelo de balança analítica para que os alunos pudessem construí-la, utilizando os materiais acima descritos. Durante a construção da balança, ocupou-se em interagir, acompa-

nhando os grupos e formulando alguns questionamentos:

Para que serve o ponteiro? Qual a função da rolha nesse ponteiro? Qual a relação entre o experimento da construção da balança e os experimentos realizados anteriormente? O que é preciso fazer para que a balança funcione? Como você explica?

Atividade 5: Aplicações da Balança Analítica

Inicialmente, o professor propôs a construção do padrão de um grama, questionando e fornecendo as orientações necessárias, e depois a medição da massa de objetos pequenos quaisquer que estavam à disposição.

Vocês lembram como fazer para deixar a balança equilibrada? Vocês sabem o que é fazer a tara de uma balança? Vamos construir a tara da nossa balança. Alguém tem idéia do procedimento que podemos realizar?

Outra tarefa foi descobrir a área de um recorte qualquer e o comprimento de um fio com o auxílio da balança. O professor solicitou inicialmente o desenho de uma figura geométrica, em papel milimetrado, seu recorte e a investigação de procedimentos para determinar sua área e sua massa com a balança analítica.

Agora peço para vocês determinarem a área dos seus recortes. Como vocês podem determinar a área do triângulo? Será que é somente por meio de uma fórmula que podemos determiná-la? E a área dos retângulos, como vocês irão determiná-la?

Após essa etapa, a tarefa do aluno era investigar a área de um recorte qualquer.

Como é que vocês podem descobrir a área do outro recorte utilizando a balança?

O mesmo tipo de atividade foi realizado para descobrir o comprimento de um fio de cobre. Outras tarefas consistiam em anotações dos procedimentos e resultados.

Ao professor coube promover a confrontação dos procedimentos e resultados das medições realizadas com a balança analítica e também entre estes últimos e os obtidos com uma balança digital.

Por que há diferença entre os resultados da balança analítica e digital?

III.4 Análise dos dados

A análise dos dados coletados durante as oficinas efetuou-se com a técnica de análise de conteúdo, considerando-se o “dizer” e o “fazer” dos alunos durante as atividades.

IV. Resultados

Os questionamentos, tanto os do professor-pesquisador quanto os dos alunos, influenciaram os processos cognitivos desenvolvidos pelos alunos, suas atitudes, seus métodos e aprendizagem, o que é descrito abaixo e exemplificado com extratos dos diálogos registrados durante as oficinas. O professor-pesquisador é identificado pela letra A e os alunos por outras letras do alfabeto.

IV.1 Expressar idéias e conhecimento prévio

Os dois extratos abaixo referem-se à atividade *Centro de Gravidade (CG)*. Solicitou-se aos alunos que investigassem a posição do centro de gravidade de um recorte geométrico com o suporte com prego. O extrato sugere que um dos alunos acredita que o CG fica no centro do recorte, antes mesmo de realizar o experimento, o que provavelmente facilitou-lhe a resolução do problema.

A: O que vocês fizeram para descobrir o centro de gravidade dos recortes?

B: Colocamos um a um em cima do prego e procuramos o ponto de equilíbrio deles. Como já imaginávamos, o ponto no qual as figuras se equilibraram foi o centro das mesmas.

Perguntou-se aos alunos se haveria outros métodos para encontrar o CG dos mesmos recortes. O método geométrico sugerido foi o representado na Fig. 8: foi determinado, com a régua, o ponto médio de cada lado de um quadrado e foram traçados segmentos de reta perpendiculares aos lados passando por este ponto, sua intersecção sendo considerada como o CG.

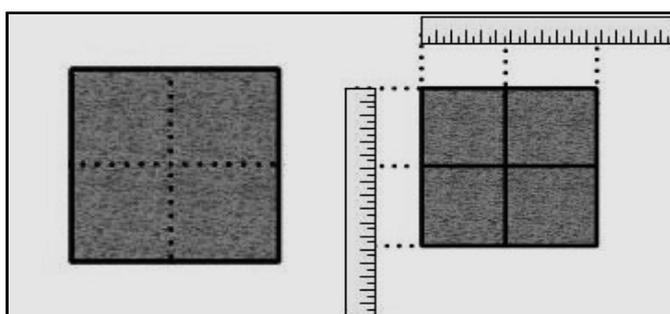


Fig. 8 - Recortes com o traçado dos segmentos de reta (linhas imaginárias) que o aluno M construiu.

A: Existe outra forma de encontrar o centro de gravidade dos recortes sem utilizar o suporte com o prego?

C: O que eu falei é que a idéia seria traçar uma linha imaginária de um ponto até outro de cada lado na figura e onde se cruzam essas linhas é o ponto de equilíbrio.

O aluno tem alguma noção de geometria quando verbaliza “traçar uma linha imaginária” e “onde se cruzam essas linhas”. Esse é o conhecimento prévio detectado pelo professor-pesquisador. Expressá-lo auxilia o aluno na elaboração de um primeiro procedimento para encontrar o CG de um recorte.

IV.2 Investigar, criar métodos e procedimentos experimentais

Três extratos, referentes à atividade *Centro de Gravidade*, sugerem que os questionamentos possibilitam ao aluno progredir, investigar e criar procedimentos para resolver as situações-problema com as quais se defronta.

São descritos métodos geométricos adotados para investigar o CG de alguns recortes. Mesmo que os métodos sugeridos não sejam os mais corretos para determinadas situações, foram considerados convenientes para o processo de construção e aproximação do procedimento científico. Um deles foi o descrito anteriormente e ilustrado na Fig. 8.

O extrato abaixo mostra uma situação em que um grupo expressa dúvidas quanto ao procedimento a adotar para a determinação da posição correspondente ao CG de um recorte triangular (Fig. 9). O professor-pesquisador é flexível e permite ao aluno expressar-se. O questionamento do professor incita o aluno a investigar e a criar um procedimento para encontrar o CG do recorte.

D: Como é que eu faço isso com o triângulo?

A: Como tu achas que deve ser feito?

D: Ah, puxando três pontas.

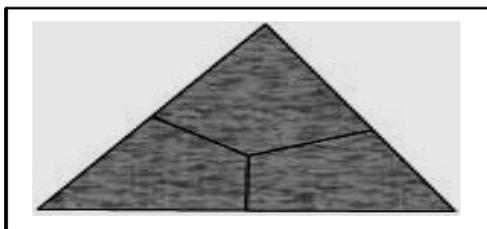


Fig. 9 - Procedimento para determinar o CG.

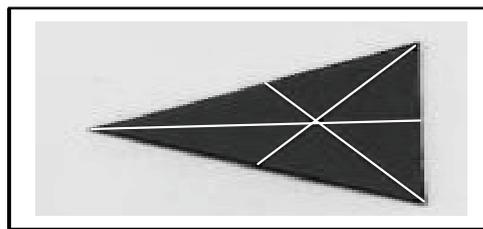


Fig. 10 - Procedimento das medianas.

Um grupo sugere traçar um segmento de reta da metade de cada lado até o centro do triângulo (Fig. 9), o que foi realizado de uma forma aproximada. Essa idéia não é a correta, mas considera-se válida porque faz com que o aluno proceda por iniciativa própria e constitui um precursor para a elaboração, no decorrer da atividade, de um procedimento correto. Outro grupo de alunos adota o procedimento científico para encontrar a posição do CG de um triângulo, ou seja, o traçado das medianas (Fig. 10).

A: Alguém pode auxiliar o grupo 1 a descobrir o CG do recorte triangular sem utilizar o suporte com o prego?

A: Poderias desenhar no quadro verde para nós entendermos melhor?

F: Traçar o segmento de reta de um ângulo até o outro lado, na metade, fazer isso com os outros dois ângulos. Então o encontro dos três traçados é o lugar de equilíbrio.

A valorização do questionamento dos alunos pelo pesquisador incitou-os a exporem suas idéias com liberdade, abrindo-se um espaço para investigarem questões

de seu interesse durante o desenvolvimento das atividades. No exemplo abaixo, apresenta-se uma situação que revela a curiosidade dos alunos. Após terem encontrado a posição em que os recortes permaneciam em equilíbrio sobre o suporte com prego, resolveram confeccionar um recorte qualquer, sugerindo um procedimento geométrico diferente dos anteriores para encontrar o CG.

R: Como nós conseguimos encontrar o ponto central de um recorte abstrato, de vários lados, de várias formas?

A: O que seria uma figura abstrata?

M: Como quando tu fritar um ovo ele fica todo espalhado. [...]

A: E como tu achas que conseguiria?

R: Talvez a gente poderia colocar essa figura, por exemplo, num quadrado um pouco maior e daí traçar linhas nesse quadrado para achar o ponto central.

Foi traçado um quadrilátero (Fig. 11) tal que seus lados tangenciassem a figura construída. A intersecção das diagonais indicaria para os alunos a posição do CG.

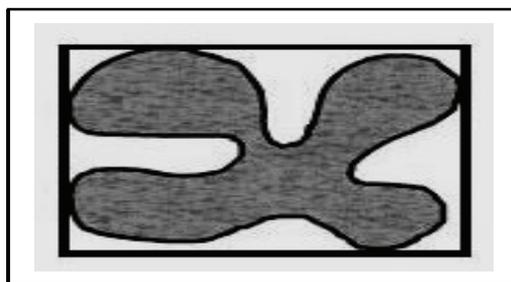


Fig. 11 - Procedimento com traçado de um quadrilátero circunscrito à figura.

IV.3 Adquirir consciência, explicar e elaborar conceitos

As intervenções do professor e dos próprios alunos fazem com que estes últimos tomem consciência de procedimentos e de métodos experimentais a serem adotados para desenvolver as tarefas propostas, o que é descrito a seguir com exemplos.

Os alunos investigavam o CG de seus recortes em papelão, no caso um círculo. O professor realizou uma síntese de um dos procedimentos adotados e um aluno percebeu que poderia ter simplesmente utilizado um compasso, bastando observar onde estaria marcada a ponta seca do mesmo.

A: Tua colega pegou outro cartão e colocou o círculo sobre ele e com uma régua traçou um quadrado por fora. Retirou o círculo e traçou as diagonais e encontrou o centro. Grudou o círculo sobre o quadrado e furou-o no centro do quadrado que era o CG do círculo.

D: Bah, poderia ter utilizado o compasso!

Um grupo de alunos estava construindo a balança analítica, quando, a partir da intervenção do professor, um deles percebeu a importância de efetuar uma medição mais rigorosa das dimensões das peças.

A: Tua colega está colocando a madeirinha comparando-a com o braço da balança modelo. O que tu estás fazendo agora?

D: Medindo o lado esquerdo que vai o prato da balança.

A: Quantos centímetros?

D: 10,9.

A: 10,9?

D: Acho que tem que ser 11.

A: Por quê?

D: Acho que medi errado ali.

Outro aluno realiza três furos no prato da balança para fixar os fios de linha, apreciando visualmente a distância entre os pontos, sem realizar medições. Com a intervenção de um colega, conscientiza-se da necessidade de realizar uma medição para localizar com mais acurácia os pontos, para, só então, efetuar os furos no prato da balança.

A: Como tu fizeste o círculo?

E: Eu peguei o círculo ali da balança e moldei numa cartolina e depois recortei e fiz três furos com alfinete, deixei ele sobre a cartolina e risquei e depois recortei. Não medi nada.

N: Eu estava dizendo para ela que tinha que ter a mesma distância entre os pontos para ficar em equilíbrio. [...]

A: Explique como tu estás fazendo agora.

E: É que eu medi, com a régua, a distância entre cada furo e estou marcando eles.

Os extratos a seguir mostram que intervenções do professor-pesquisador e dos alunos suscitam, nesses últimos, a busca de explicações, desencadeando-se um princípio de elaboração da noção de incerteza da medida e do conceito de torque.

O primeiro extrato mostra reações de alunos durante o processo de medição de massa com a balança analítica.

A: Por que se vocês todos têm balanças que medem no máximo 2 gramas, com exceção do grupo 3, por que os grupos conseguiram valores diferentes para os mesmos objetos?

R: Porque as balanças são diferentes.

A: Mas vocês todos não mediram a massa de 1 grama?

T: Talvez aqui não tenha 1 grama bem certo, porque a diferença não foi tão grande, foi 1,4; 1,35; 1,3 não foi assim tão grande.

R: Eu acho assim, a diferença foi na casa decimal e como nós construímos uma balança sem muita tecnologia, acho que a diferença é insignificante.

A: A diferença aqui na primeira casa decimal.

N: Acho que também pode ter influenciado o palito, pode ser que ele não estava bem retinho, é tão pouca diferença.

R: Também tem o erro humano, né, pode ser que alguém não olhou tão bem certo, e a nossa balança tem um travessão menor, isso pode ter influenciado.

Percebe-se a conscientização dos alunos quanto às causas da variabilidade dos resultados da medição, como a influência do observador (“erro humano”) e as qualidades do instrumento de medida. Como outros autores denotam (COELHO, 1993), esta etapa de identificação das causas de variabilidade das medidas é fundamental na construção da noção de incerteza da medida. Isso não teria ocorrido sem um questionamento adequado.

Os dois extratos a seguir referem-se à atividade Momento de uma Força: suspender arruelas no disco de PVC deixando-o em equilíbrio. Ao escutar o aluno, o professor-pesquisador permitiu a explicitação de sua dúvida, o que favoreceu um início de reflexão sobre o conceito de torque.

M: Tá, só me explica uma coisa: porque não ficou equilibrado e aqui está equilibrado?

O próximo extrato também ilustra esta função do questionamento: desencadear a elaboração de um conceito.

A: E se nós colocarmos uma arruela no primeiro parafuso?

R: Coloca uma no outro lado, no primeiro parafuso. [...]

A: E que outras possibilidades poderiam existir?

A: [...] a Iana deu a idéia de colocar uma no primeiro e uma no quarto, por quê?

I: Porque teria a mesma distância que tem o lado esquerdo.

N: Porque tem relação com massa e distância, como tem lá no quarto parafuso tem quatro distâncias, aqui teria que ter quatro vezes mais massa para conferir.

Na atividade acima descrita, os questionamentos foram de grande importância para o desenvolvimento do conceito de momento de uma força.

IV.4 Observar e comparar

Graças a um questionamento adequado, o aluno aguça suas observações e reflete sobre suas ações, comparando procedimentos. Durante a atividade *Centro de Gravidade*, o professor-pesquisador solicitou aos alunos que suspendessem um recorte pelo fio de prumo e traçassem uma linha, ao longo do fio esticado.

A: O que vocês estão observando? [...]

D: Ah, tem o cruzamento dos traçados com o ponto que marcamos no prego. [...]

A: E o que significa a intersecção destas linhas verticais que vocês traçaram?

Grupo 2: Esse encontro significa o ponto de equilíbrio.

Questiona-se o que significa a intersecção dos traçados e um dos grupos compara seus resultados atuais com aqueles obtidos na atividade em que apoiaram o recorte sobre o suporte com prego. Neste caso, denota-se que o questionamento incita o aluno a observar e a comparar resultados obtidos por procedimentos diferentes, o do suporte com o prego e o do suporte com o fio de prumo.

IV.5 Relacionar atividades atuais de sala de aula com situações do dia-a-dia ou outras experiências escolares

A seguir, exibem-se quatro extratos em que o questionamento foi importante para estabelecer relações entre as atividades atuais e situações do dia-a-dia ou outras experiências vivenciadas em atividades anteriores.

O primeiro, referente à atividade *Momento de uma Força*, mostra que o estabelecimento de relações entre as atividades propostas e situações do dia-a-dia foi favorecido por questionamentos introduzidos pelo pesquisador.

A: Eu pergunto para vocês o seguinte: nós podemos relacionar esta atividade com alguma situação prática do nosso dia-a-dia?

M: Balança.

A: Balança.

M: Gangorra.

A: Gangorra. O teu colega disse balança, gangorra.

M: O equilibrista, no circo, carrega aquelas barras... assim... de ferro... naquelas cordas...

Na atividade com a *balança em forma de T*, o questionamento permitiu que os alunos expressassem idéias relacionadas a outras atividades das oficinas. O extrato abaixo apresenta um diálogo ocorrido no momento em que os grupos de alunos investigavam a posição do CG da balança em forma de T.

A: Como é que nós podemos achar o centro de gravidade dessa balança?

N: Não quero o fio de prumo, é que eu me lembrei de fazer um quadrado grande e traçar as suas diagonais.

A: Grupo 1, como vocês estão fazendo?

[...]

B: Fiz um quadrado estou traçando diagonais e onde se encontrarem, já achei o centro de gravidade.

Apesar deste procedimento (traçar um quadrilátero, de forma que seus lados tangenciem a balança T, e suas diagonais) não ser adequado à situação referida acima, considerar o procedimento sugerido pelo aluno é válido, pois é por aproximações sucessivas que os procedimentos do aluno se tornam coerentes com os científicos. Além disso, avaliar os limites de validade de um método experimental é uma atividade importante na prática científica.

Na atividade de construção da *balança analítica*, realizou-se um questionamento sobre a função do parafuso no braço da balança. Um dos alunos relaciona o parafuso com o ajuste zero de uma balança que possui no banheiro de sua casa e explica que a função desse parafuso é efetuar o ajuste zero.

A: Para que serve o parafuso com a porquinha?

D: É, aquela balança quadrada que fica no chão do banheiro. Quando tu pisa, a balança quando pisar tem zero e tem um risquinho vermelho. O disquinho, o disco de dentro onde tem os números é que gira. O ponteiro tá lá parado, só que se está desalinhada, que é o caso, acho que como é que funciona o parafuso aqui como o alinhamento. Eu acho que, quando ela está desalinhada, tem um parafusinho, uma regulagem, uma porquinha, que se regula para aquele disco ficar bem ajustado com o zero, com a linha para dar peso preciso, certinho.

Nessa mesma situação, outro aluno relaciona a tara da balança com o prato de um “restaurante a quilo” cuja massa é descontada inicialmente.

A: Vocês sabem o que é fazer a tara de uma balança?

I: É assim, é ver quanto pesa um objeto sem nada dentro dele, por exemplo, quando vamos no restaurante a quilo, eu peso o prato de comida, mas a balança pesa apenas a comida e não o prato, ela já tem o peso do prato, a tara.

Ainda na atividade de construção da balança analítica, percebe-se pelas respostas às questões formuladas que os alunos reinvestiram um conhecimento anterior, o conceito de torque elaborado na atividade com o disco, para obter o equilíbrio da balança.

A: Como poderemos deixá-la equilibrada? O que tu estás fazendo?

R: Estou colocando um pedacinho de madeira no travessão, do lado esquerdo, não está equilibrado.

A: Por que tu estás fazendo isso?

E: Estou me baseando na atividade do disco, era assim que fizemos.

N: Coloca um pouquinho maior.

A: Ela ainda está desequilibrada.

E: Coloca mais peso.

A: Por que agora vocês colocaram mais perto do meio?

N: Porque como alterou a massa, teve que alterar a distância também. Ó, tá equilibrada.

Observa-se, neste caso, que dispor do conceito de torque facilita as ações dos alunos durante o desenvolvimento das atividades propostas, o que se manifesta no “saber fazer”.

IV.6 Tomar decisões, selecionar métodos e procedimentos

O extrato a seguir ilustra uma situação em que o questionamento favorece a comparação de métodos e procedimentos, a conscientização e a decisão, por parte dos alunos, sobre o melhor modo de proceder. A confrontação de idéias desencadeou reflexões que contribuíram para a escolha de um procedimento adequado à situação para a determinação do CG.

A: Agora eu quero ver o seguinte: o grupo 2 tentou achar o CG pelo método das diagonais e foi comparar apoiando a balança T sobre o suporte com prego e não encontrou a mesma posição. Por que será que não obteve o mesmo resultado?

M: A medição estava errada, porque primeiramente eu também tentei fazer pelo método dos traçados, até que foi marcado e não deu, aí tentando pelo método dissertativo, aí achei.

A: Dissertativo?

M: Isso, o prego, equilibrando no suporte deu para achar.

A: E por que será que aqui, no prego, não dá igual com os traçados das diagonais?

N: É porque esse lado aqui tem mais peso do que o outro lado e por isso dá a diferença.

A: Podes dizer novamente?

N: A balança não é um quadrado, é um T, no retângulo horizontal tem mais massa que no vertical, daí desequilibra.

M: Mais massa de um lado do que do outro.

Observa-se que o método inicialmente utilizado, o do traçado das diagonais para encontrar a posição do CG da balança T, não satisfez o aluno. Por isso, comparou seu resultado com o obtido pelo método do suporte com o prego, percebendo que a posição do CG não era a mesma. O questionamento favoreceu a conscientização do aluno de uma “distribuição desigual da massa”, ao procurar explicar a inconsistência do método das diagonais para a situação atual (“mais massa de um lado do que do outro”), fazendo-o optar por um método mais adequado.

Uma vez confeccionada a balança, solicitou-se aos grupos a realização de medições de massa de alguns objetos e um comentário sobre a dispersão de seus resultados. Houve a confrontação de resultados e isso os auxiliou na compreensão do procedimento correto para efetuar leitura da escala e realizar a medição de massa com a balança analítica.

A: Quantos gramas conseguiram?

D: 14 gramas.

A: O grupo 2?

F: 13 e meio.

A: 13 e meio, como vocês conseguiram 13 e meio? Como conseguiram medir meio?

F: *Porque entre o espaço de 1 cm e outro tem o meio.*
A: *Entre 1 cm e outro?*
F: *É.*
B: *Ela é milimétrica.*
A: *Podem explicar?*
B: *Milímetro em milímetro.*
F: *Ah, então não é de 1 em 1cm, é de 1 em 1 mm.*
A: *E o grupo 3?*
R: *A gente encontrou 13, mas é 1,3.*
A: *O grupo número 3 encontrou 1,3 gramas. Porque os outros grupos colocaram 14 gramas, 13 gramas e meio e vocês colocaram 1,3 gramas? Por que tu achas que é 1,3 gramas?*
R: *Porque quando a gente marca, coloca o nosso peso no 10, a gente está marcando 1 grama, então no 13 vai ser 1,3.*
T: *Então tá tudo errado?*
[...]
B: *1,4.*
F: *1,35.*
T: *20 gramas.*
D: *Não, 2g.*
A: *E o grupo 2?*
F: *1,9.*
A: *E aquela tampa de lapiseira, quanto o grupo 1 conseguiu?*
T: *4,0.*
A: *O grupo 2?*
F: *4.*
A: *4 gramas, e o grupo 3?*
N: *0,44.*
A: *0,44 gramas e como vocês podem ter encontrado 4 gramas, grupos 1 e*
2?
B: *Não, 0,4.*
F: *É 0,4.*

Ao final de cada oficina, algumas questões referentes à atividade proposta foram formuladas. Assim, na atividade *Momento de uma força e Balança T*, pediu-se um relato escrito em que expressassem as facilidades encontradas na realização das tarefas. Um dos alunos expõe que as discussões realizadas no grupo facilitaram sua aprendizagem. O extrato abaixo apresenta esse relato, mostrando como os próprios alunos avaliam a importância das intervenções dos componentes do grupo.

M: (relato escrito) *O que facilitou o trabalho foi a conversa com todos, pois assim entre nós mesmos esclarecíamos nossas dúvidas e nos aprofundávamos mais e melhor no assunto.*

IV. 7 Progredir para níveis de maior abstração e complexidade conceitual

Na atividade investigativa das condições de equilíbrio do disco de PVC, há alunos que realizam tentativas experimentais, formulando hipóteses e investigando por conta própria, por tentativa e erro, progredindo na construção do seu conhecimento. Inicialmente, apresenta-se o extrato em que um deles expressa, oralmente, sua concepção inicial de torque, dizendo que o peso aumenta com a distância, concepção essa também encontrada em outros estudos (COSTA; GUIMARÃES; ALMEIDA, 1989).

A: Por que o disco se moveu?

N: [...] porque quando está no quinto normalmente fica, parece mais pesado.

I: Porque quanto mais longe do eixo, mais força ele faz.

A aderência de conceitos, já mencionada por outros pesquisadores para conceitos como força e velocidade (VIENNOT, 1996), parece estar presente, neste caso, para os conceitos de força e torque.

Com o desenvolvimento das tarefas e das intervenções do professor e dos próprios alunos, nota-se que os conceitos desses últimos evoluem. Alunos que estão inicialmente agindo por tentativa e erro passam a identificar as variáveis pertinentes que interferem na condição de equilíbrio.

M: Não sei, que lá é a mesma coisa, pelas distâncias, talvez porque aquela extremidade lá em cima tem a mesma distância, como são as mesmas massas, alguma coisa a ver com a distância.

Em outro momento, um dos alunos afirma que há uma relação entre a distância que as arruelas estão do eixo e a massa delas. Nota-se que ele estabelece relações entre variáveis para elaborar a lei que rege o equilíbrio. O extrato abaixo apresenta essa nova formulação do aluno relativa à concepção de torque:

I: É a relação entre a massa das arruelas e a distância.

O disco não gira porque há uma relação entre a distância em que estão as arruelas com relação ao eixo e a massa destas arruelas.

Essa relação também é estabelecida em outro grupo.

D: Existe uma relação que, o quarto parafuso equivale, ou seja, o penúltimo parafuso equivale ao segundo parafuso do outro lado, quanto mais arruelas eu colocar perto do eixo de um lado a quantidade de parafusos tem que contar para o outro lado e colocar as mesmas arruelas.

O extrato abaixo refere-se ao momento em que alunos conseguiram equilibrar o disco (Fig. 12) e elaboravam uma justificativa para este equilíbrio, afirmando a existência de uma igualdade no produto da massa pela distância, igualdade essa que expressa a lei que rege o equilíbrio de rotação. Observa-se que há alunos que passam de uma reflexão sobre observáveis (arruelas e disco) para um pensamento mais abstrato, utilizando-se do conhecimento matemático.

M: Na verdade, estão anulados, como se fosse fazer uma igualdade, por exemplo, como faz em matemática $5=5$, na verdade é zero.

Sua concepção parece evoluir para um nível de maior abstração e complexidade conceitual.

N: A massa deve ser multiplicada pela distância para haver equilíbrio quando estiver em posições diferentes. (relato escrito) Que a distância e a massa são diretamente proporcionais, por isso há o equilíbrio.

M: Ela conseguiu concluir, diretamente proporcional. Uma para cinco.

N: Cinco. É porque aqui, para o lado direito, tem uma distância e para o lado esquerdo tem cinco, então a gente multiplica a massa pelo valor e coloca cinco vezes maior aqui.

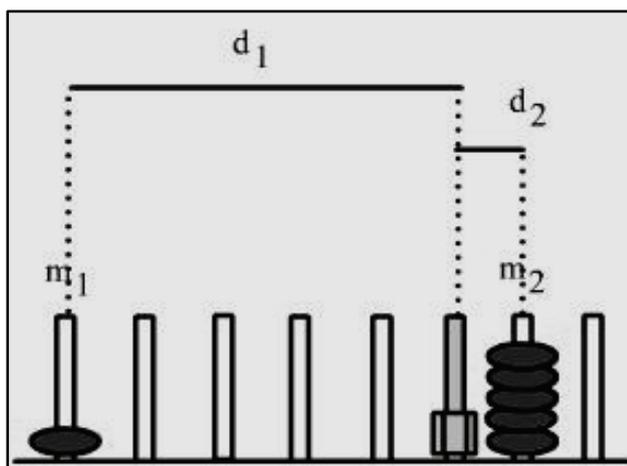


Fig. 12 - Esquema da disposição das arruelas nos parafusos apresentando a respectiva massa e a distância ao eixo.

Entende-se que, ao expressar “que a distância e a massa são diretamente proporcionais”, o aluno refere-se, na realidade, à relação de grandezas “inversamente proporcionais” ($m_1/d_2=m_2/d_1$). Um progresso se faz sentir nesta passagem de um processo de abstração simples ou empírica para outro que constitui uma abstração reflexivante ou reflexionante, no qual aparecem as linguagens matemática e simbólica e se evidencia um maior grau de complexidade na formulação do conceito.

³ Estudos de Piaget mostraram a existência de dois níveis de abstração “simples” ou “empírica” e “reflexivante” ou “reflexionante” (traduções do francês do termo “réfléchissant” por KAMII (1992) e LAJONQUIÈRE (1992), respectivamente). Na abstração empírica, o sujeito forma conceitos abstratos diretamente a partir de dados observáveis, enquanto na abstração reflexionante

Atividades experimentais investigativas, propiciadas pela interação entre os sujeitos e entre estes e o mundo dos objetos, assim como pelas intervenções do professor e dos alunos, favorecem a aprendizagem de conceitos. Por sua vez, percebe-se que a aquisição de novos conceitos pelos alunos passa a interferir em suas ações no decorrer da experimentação.

V. Conclusão

Nesta experiência, corroboram-se idéias de autores que acreditam na importância da problematização de situações em sala de aula, relacionado-as ao conhecimento prévio dos alunos com questionamentos adequados. Proporcionou-se a interação, como também a participação ativa dos alunos em situações de confrontação e de trocas realizadas entre os grupos. Observou-se que essa interação auxiliou os alunos na construção do seu saber.

O professor-pesquisador converteu alguns conteúdos em problemas para seus alunos. Coube-lhe organizar suas estratégias, promover questionamentos e possibilitar discussões.

Para o aluno houve a possibilidade de libertar-se da passividade, ao elaborar questionamentos sobre o que iria aprender e sobre o que queria saber, construindo e relacionando conceitos utilizados em sala de aula e em seu dia-a-dia. Isso foi possível porque o professor-pesquisador incentivou os alunos a elaborar questionamentos com o intuito de promover o progresso dos mesmos para níveis mais elevados de conhecimento.

Ratifica-se a idéia de que a problematização é uma das formas de colocar a mediação em prática. O professor é o agente que consegue descobrir as falhas cognitivas dos seus alunos e, para solucioná-las, promove questionamentos. Ao mediar, o professor pode criar situações-problema, relacionando-as com o conhecimento prévio do aluno por meio de atividades de confrontação. Observa-se, também, que questionamentos e confrontações foram aspectos indispensáveis para motivar os alunos a engajarem-se nos processos de produção de novos conhecimentos.

Ouvir o aluno constituiu-se em um exercício fundamental para que o professor pudesse elaborar questionamentos adequados. Da mesma forma, o tempo destinado para o aluno criar seus próprios questionamentos foi decisivo no processo de aprendizagem.

O questionamento desempenhou, nas situações descritas, um papel essencial como ferramenta promotora de aprendizagem por desencadear processos importantes na construção do conhecimento científico, como instigar os alunos a expressar suas idéias e o seu conhecimento prévio, a observar, a estabelecer relações entre situações de

te, opera sobre operações, sobre relações já abstratas, isto é, é uma abstração em segundo grau que pressupõe a formação dos abstratos empíricos considerados (HALBWACHS, 1975).

sala de aula e o seu cotidiano, a criar, a investigar, a explicar, a criticar, a adquirir consciência, a tomar decisões e a evoluir em seus conceitos, métodos e atitudes.

A análise descritiva, apresentada neste trabalho sobre o papel do questionamento, sugere um possível caminho que pode servir para incentivar professores a repensarem sua prática, redimensionando a importância do questionamento em suas estratégias de ensino-aprendizagem.

Referências

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A Didática das Ciências**. Traduzido por Magda Sento Sé Fonseca. 7. ed. São Paulo: Papyrus, 2002.

COELHO, S. M. **Contribution à l'étude didactique du mesurage en Physique dans l'enseignement secondaire. Description et analyse de l'activité intellectuelle et pratique des élèves et des enseignants**. 1993. 329f. Tese (Doutorado em Didática das Disciplinas) - U.F. de Didactique des Disciplines -LIREST, Universidade Paris VII, Paris.

_____. Roteiros, Protótipos e Experimentos do Projeto IPE. Faculdade de Física, Porto Alegre: PUCRS.

COELHO, S. M et al. Conceitos, Atitudes de Investigação e Metodologia Experimental como Subsídio ao Planejamento de Objetivos e Estratégias de Ensino. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 122-49, 2000.

COELHO, S. M; KOHL, E.; DI BERNARDO, S. Formação de Professores do Ensino Médio pela Instrumentação e Pesquisa em Ciências. In: TALLER INTERNACIONAL DE DIDÁCTICA SOBRE LA FÍSICA UNIVERSITARIA, III, 2002, Matanzas, DIDACFISU 2002.

DEMO, P. **Educar pela Pesquisa**. 4. ed. Campinas: Associados, 2000a.

_____. **Saber Pensar**. São Paulo: Cortez, v. 6, 2000b.

KAMII, C.; DEVRIES, R. **Piaget para a educação pré-escolar**. Traduzido por Maria Alice Bade Danesi. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1992.

FERREIRA, N. Roteiros, Protótipos e Experimentos do Projeto RIPE. Instituto de Física, São Paulo: USP.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. de. **As Origens do Saber:** das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos. Traduzido por Bruno Charles Magne. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

HALBWACHS, F. La physique du maître entre la physique du physicien et la physique de l'élève. **Revue Française de Pédagogie**, Paris, n. 33, p. 19-29, 1975.

LAJONQUIÈRE, L. de. **Para repensar as aprendizagens de Piaget e Freud:** a (psico)pedagogia entre o conhecimento e o saber. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 1997.

MORAES, R. O significado da experimentação numa abordagem construtivista: o caso do ensino de Ciências. In: BORGES, R. M. R.; MORAES, R. **Educação em Ciências nas séries iniciais.** Porto Alegre: SAGRA, 1998.

_____. É Possível Ser Construtivista no Ensino de Ciências? In: MORAES, R. (org.). **Construtivismo e ensino de Ciências.** Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 103-30, 2000.

MORETTO, V. P. **Construtivismo:** a produção do conhecimento em aula. 3. ed. Rio de Janeiro: DP&A editora, 2002.

SCHEIN, Z. P. **Estudo didático de um experimento centrado em atividades de produção e aplicação de um objeto técnico: a balança analítica.** 2004. 200f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Faculdade de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 30-42, abr. 2003.

SOLÉ, I.; COLL, C. Os professores e a concepção construtivista. In: COLL, C. et al. **O construtivismo na sala de aula.** Traduzido por Cláudia Schilling. 6. ed. São Paulo: Ática, 2001.

VIENNOT, L. **Raisonnement en physique.** Bruxelas: De Boeck & Larcier, 1996.

Agradecimentos

Agradecemos aos árbitros cujas sugestões foram valiosas para a revisão do texto e ao acadêmico Anderson Jackle Ferreira pela confecção dos desenhos.