

PROCEDIMENTOS ALTERNATIVOS NO TRATAMENTO DE UM PROBLEMA DE MEDIDA DE UM FENÔMENO FÍSICO ESTUDADO EXPERIMENTALMENTE

*Décio Pacheco**

Resumo Este trabalho tem por objetivo a apresentação e análise de uma experiência pedagógica que envolveu uma classe de primeira série do 2º grau de uma escola pública, a qual constou do estudo do movimento do pêndulo em condições reais de experimentação no ensino de Física. Ressaltamos, em primeiro lugar, o problema de medida, concebido pelos alunos, ao tentarem avaliar o período do pêndulo, ao lado da constatação de que sua amplitude varia ao longo de suas sucessivas oscilações. Em segundo lugar, apontamos os procedimentos alternativos adotados pelos alunos no enfrentamento do referido problema de medida. Em terceiro lugar, apresentamos a análise desses procedimentos que acabam por configurar uma categorização que ilustra as diferenças e semelhanças no que se refere aos diferentes processos desenvolvidos pelos alunos no estudo experimental de um fenômeno dinâmico. Por último, sublinhamos a importância e viabilidade de se estudar experimentalmente fenômenos físicos em sala de aula, por intermédio de propostas que nada têm a ver com rotinas estruturadas, que tolhem a possibilidade de se entrar em contato com os procedimentos alternativos, os quais revelam, no seu bojo, as concepções alternativas dos alunos sobre o fenômeno em estudo.

Palavras-chaves: Ensino de Física; Experimentação no ensino de Física; Procedimentos alternativos em situação de experimentação.

Abstract This paper presents and analyzes a pedagogical experiment conducted in a freshman classroom in a public high school. The experiment consisted of the study of the movement of a pendulum under genuine experimental conditions in the teaching of Physics. First, the problem of measurement as conceived by the students is stressed, as they evaluate the pendulum period in conjunction with the fact that the amplitude varies from one oscillation to another. Second, the alternative procedures adopted by the students in face of this problem in measurement are then discussed and an analysis of those procedures is presented. Third, a categorization that illustrates the differences and similarities in the processes undertaken by the students during the experimental study of this dynamic phenomenon is outlined. Finally, the importance and feasibility of the experimental study of physical phenomena in the classroom environment are stressed. Non-routine structured proposals should be introduced to facilitate contact with alternative procedures that can reveal alternative conceptions in relation to the phenomena studied.

Descriptors: Teaching of Physics; Laboratory work in the teaching of Physics; Alternative procedures for experimental situations.

Uma Experiência Pedagógica

Ao longo dos trabalhos com movimentos periódicos, na classe da primeira série diurna do 2º grau de uma escola da rede pública, propusemos o estudo do pêndulo em condições reais de experimentação. Para tanto, os alunos dispunham de pêndulos com diferentes massas e de suportes com transferidores acoplados, estes destinados a avaliação de

amplitudes. Além disso, contavam com seus relógios de pulso de ponteiros para as medidas de tempo.

O propósito desse estudo era o de averiguar as relações, ou regularidades possíveis, entre o período do pêndulo, sua amplitude, sua massa e seu comprimento, o que correspondia, respectivamente, a três

* Professor Assistente-Doutor da Faculdade de Educação da UNICAMP

atividades distintas a serem realizadas pelos sete grupos da classe, cabendo uma atividade, a escolher, para cada grupo.

Cada aluno recebeu um folheto contendo a proposta das três atividades como se segue:

Atividade 1: Escolha um determinado comprimento e um determinado peso para o pêndulo. Solte-o de uma determinada posição e meça o seu período de oscilação. Varie a amplitude de oscilação, repetindo a medição do período.

Atividade 2: Escolha uma posição de largada e um comprimento do pêndulo. Varie a massa do pêndulo, medindo, para cada uma, o período de oscilação. Mantenha sempre o mesmo comprimento e a mesma posição de largada.

Atividade 3: Escolha uma posição de largada e uma massa para o pêndulo. Varie o comprimento do pêndulo, medindo, para cada um, o período de oscilação. Mantenha sempre a mesma massa e o mesmo ângulo de largada.

Embora se solicitasse, em cada uma dessas atividades, que se mantivessem constantes os demais fatores, além daquele cuja relação com o período tencionava-se verificar, os alunos, até então, não haviam recebido instruções explícitas relacionadas aos procedimentos necessários para o controle das variáveis associadas ao fenômeno em questão, nem dos problemas e limitações deles decorrentes.

Por outro lado, nenhuma outra instrução foi veiculada acerca de se estabelecer ou não regularidades que envolveriam os fatores em jogo e, isso, mesmo durante a realização das atividades. Tratava-se, portanto, de uma proposta aberta de experimentação, sem

aquelas características usuais que não têm outro objetivo senão o de submeter os alunos a um ritual de instruções predeterminadas, com delimitação prévia das condições de operacionalização experimental e com vistas aos produtos formalizados, já estabelecidos anteriormente, do ponto de vista "teórico".

Antes, porém, de dar início às três atividades, os alunos foram informados do significado de alguns termos que passariam a participar da linguagem própria do estudo. Assim, definimos termos como período, meia oscilação, oscilação completa e amplitude, todos referentes ao movimento do pêndulo. Foram instruídos, ainda, a anotarem os dados obtidos, bem como seus procedimentos, para posterior discussão na forma de painel aberto.

Ao iniciarem as atividades, quando ainda manipulavam os pêndulos escolhidos pela primeira vez, os grupos foram concordantes em afirmar que o movimento do pêndulo era "muito rápido" e que "não dava para medir o tempo".

A essa manifestação dos grupos, seguiu-se uma sugestão de nossa parte para que variassem os diferentes fatores do pêndulo a fim de obterem situações diversas que facilitassem as medidas de tempo.

Diante de tal sugestão, os grupos passaram a experimentar com os pêndulos introduzindo alterações, ainda que aleatórias, no comprimento, na amplitude, no número de oscilações, tentando chegar a algum resultado satisfatório de conformidade com as suas suposições. Na realidade, o que pretendiam era saber "como fazer" para medir o período, ou seja, o tempo de uma oscilação completa do pêndulo, levando em conta suas concepções

anteriores ou aquelas que iriam se formando ao longo do experimento, a partir de suas observações e interpretações.

Contudo, passada essa fase inicial, os alunos conceberam um problema de medida que marcou seus procedimentos posteriores, em direção ao estabelecimento de regularidades acerca dos fatores que compunham o movimento do pêndulo.

O Problema de Medida

Os grupos que escolheram trabalhar com a atividade que enfocava o estudo do período em relação à amplitude foram os primeiros a conceber o problema. Quando tentaram fazer suas primeiras medidas, logo notaram que a amplitude do pêndulo diminuía durante o movimento, mesmo quando buscavam avaliar o tempo de uma única oscilação completa. Posteriormente, os demais grupos viriam a identificar essa mesma característica do movimento do pêndulo.

Frente a tal constatação, os alunos, de uma maneira geral, manifestaram o seguinte: “se a amplitude varia (diminui), até para uma oscilação, é impossível medir o período do pêndulo para uma amplitude”. Ou seja, supunham que, se por um lado, deveriam avaliar o período do pêndulo para determinadas amplitudes, ou com diferentes massas do pêndulo para a mesma amplitude, ou, ainda, com diferentes comprimentos do pêndulo para a mesma amplitude, por outro lado, essa amplitude, como observaram, variava durante o movimento do pêndulo, o que assumia um caráter de um problema de medida para eles.

Explicitado o problema, indagamos aos diferentes grupos, o que fazer diante disso, visto que a esse problema, deveria corresponder um tratamento. Ou seja, a

experimentação aqui deve ser entendida como tratamento de problemas concebidos pelos alunos e não como uma forma de ilustrar ou comprovar o que convencionalmente chamam de “teoria”.

Os Procedimentos Alternativos

Dando continuidade às atividades, ainda que de forma insegura, a princípio, os diferentes grupos voltaram ao experimento adotando, daí por diante, procedimentos alternativos no enfrentamento do problema que conceberam, como registramos a seguir.

Grupo 1

A este coube a atividade que os levava a estudar o período em relação à amplitude. Escolheram o pêndulo de maior massa (121,7g) - “o mais pesado”, como disseram - antevendo que o pêndulo “mais pesado” não variava a amplitude. De fato, a amplitude varia menos quanto maior for a massa do pêndulo. Largaram o pêndulo das seguintes amplitudes: 40°, 30°, 20° e 10°, medidas no transferidor. Para cada amplitude de largada, contavam cinco oscilações completas e marcavam o tempo. Obtiveram para todas as amplitudes o tempo de 6s o que correspondia, segundo o grupo, a um período de 1,2s para cada oscilação. De posse desse resultado, o grupo concluiu que o período não sofria variação de amplitude. Contudo, procediam a várias medidas de tempo até encontrarem 6s para as cinco oscilações. O “seis segundos” havia sido a primeira medida obtida para a amplitude de largada de 40°.

Grupo 2

Escolheram a atividade que correspondia à verificação da relação entre o período e a

amplitude como ocorreu com o grupo 1. Para contornarem o problema da variação de amplitude, os alunos largaram o pêndulo da amplitude de 60° e deixavam o pêndulo oscilar até que sua amplitude fosse de 30° . A partir dessa amplitude, contavam dez oscilações e marcavam o tempo. Para a segunda medida, procederam da mesma forma: largaram o pêndulo da amplitude de 60° , deixavam o pêndulo oscilar até a amplitude de 20° e, a partir dessa amplitude, contavam dez oscilações, marcando o tempo. O mesmo ocorreu para a terceira medida: largaram de 60° , deixaram o pêndulo oscilar até 10° , contaram dez oscilações e marcavam o tempo. O procedimento de largar de uma amplitude de 60° para avaliar o tempo somente para amplitudes menores advinha da suposição do grupo de que “largando de mais alto, o pêndulo tem mais força e não varia sua amplitude em baixo”. Quanto aos dados de tempo obtidos pelo grupo, este não chegou a fixar nenhuma regularidade, pois obtiveram valores de 1,4s, 1,4s e 1,3s para o período, com as amplitudes de 30° , 20° e 10° , respectivamente. Aliás, esses dados foram motivos para que o grupo repetisse a medida para a amplitude de 10° várias vezes, mas para as dez oscilações sempre obtinham 1,3s.

Grupo 3

O grupo escolheu a atividade que levava a estudar a relação entre o período e o comprimento do pêndulo. Inicialmente seus membros escolheram a amplitude de 90° e tentaram medir o tempo de uma única oscilação completa, porém não conseguiram executá-la a contento. A escolha de tal amplitude de largada, isto é, a amplitude máxima, calcava-se na suposição por parte do grupo de que “largando dessa altura a

amplitude não diminui tanto”. Entretanto, verificaram que a amplitude variava muito, tendo em vista sua suposição. Alegaram que a variação da amplitude ocorria porque o pêndulo “chacoalhava”, ou seja, ele apresentava uma oscilação secundária em torno do seu ponto de suspensão. Todavia, essa oscilação secundária era devido à maneira “pouco habilidosa” de largarem o pêndulo. Passaram a utilizar uma amplitude de largada menor: 70° . Novamente apresentaram dificuldade na medida do tempo de uma oscilação completa. Posteriormente, tentaram a medida do tempo de várias oscilações, mas a amplitude diminuía muito nesse caso, o que não satisfazia o grupo. A seguir, voltaram a medir o tempo de uma oscilação completa, utilizando-se da amplitude de largada de 70° . Conseguiram medir o período para dois comprimentos do fio do pêndulo, um sendo o dobro do outro. Com esses dois dados concluíram: “quanto maior o comprimento, mais lento é o tempo”. Perguntaram-nos, então, se essas duas medidas eram suficientes, ao que respondemos que verificassem o período para outros comprimentos. Introduziram, dessa maneira, um terceiro comprimento cujo período obtido se igualava a um dos períodos já encontrados, fato que impedia o grupo de tirar, agora, uma conclusão acerca da relação entre o período e o comprimento do pêndulo.

Grupo 4

Este grupo ficou com a atividade que levava seus componentes a estudar a relação entre o período e a massa do pêndulo. De início, tentaram algumas medidas de tempo para grandes amplitudes e várias oscilações. Após essas tentativas, fixaram-se na amplitude de 30° , não dando maior ênfase

ao fato de a amplitude variar. Escolheram três pêndulos de massas diferentes. Mediram o tempo de cinco oscilações para cada um deles e chegaram a concluir que “quanto maior a massa do pêndulo, maior o seu período”. Como haviam escolhido três pêndulos, sendo que um deles apresentava um volume superior aos outros dois - era um dos pêndulos grandes -, sugerimos, então, que tentassem avaliar o período de outro pêndulo grande com massa diferente dos demais, para averiguarem se o volume do pêndulo também influenciava nos resultados, fato que não estava previsto no início das atividades. Atendendo a nossa sugestão, o grupo avaliou o período de um quarto pêndulo com as características citadas e obteve um valor que não concordava com a regularidade já estabelecida. Resolveram, dessa forma, não apresentar esse dado e mantiveram a regularidade inicial.

Grupo 5

A escolha para este grupo recaiu na atividade que levaria seus participantes a estudar o período em relação à amplitude. Durante todo o tempo destinado ao experimento, tentaram fazer várias medidas, mas só conseguiram registrar: “amplitude de 60° , período 2s para uma oscilação completa”. O problema da variação de amplitude durante o movimento do pêndulo impediu que o grupo progredisse. Ficaram bloqueados com esse fator e chegaram, inclusive, a apresentar resultados de variações de amplitude associadas às medidas de tempo, os quais não souberam explicar posteriormente. Todavia, podemos depreender que o grupo tentou medir o “período” variando o número de oscilações e não a amplitude.

Grupo 6

Coube a esse grupo a atividade que visava estudar a relação entre o período e a massa do pêndulo. De início, fizeram várias experiências tentando estudar a variação da amplitude e logo verificaram que o plano de oscilação do pêndulo mudava durante o seu movimento para grandes amplitudes. Isto ocorreu em outros grupos que não deram atenção ao fato, o qual era devido ao ponto de conexão entre o fio e o suporte. Contudo, foi a partir desses experimentos que o grupo observou uma variação da amplitude quase nula, quando o pêndulo oscilava com amplitude em torno de 5° . Escolheram três pêndulos de massas diferentes e um relógio com cronômetro digital - “assim as medidas seriam mais precisas”, disseram. Apesar dessa providência, verificaram que não obtinham o mesmo valor para medidas iguais do período. Com isso, puseram-se a medir o período várias vezes, sempre para uma única oscilação e para cada pêndulo escolhido, adotando o valor mais freqüente dentre as medidas obtidas. Como conclusão não chegaram a dados que permitissem ao grupo estabelecer uma regularidade.

Grupo 7

A atividade deste grupo propunha estudar a relação entre o período e o comprimento do pêndulo. Escolheram uma amplitude inicial de 90° , isto para obter, segundo o grupo, a menor variação de amplitude, pois com essa posição de largada o pêndulo teria “mais força”. Depois de averiguarem ser difícil medir o tempo de uma única oscilação, os membros do grupo resolveram proceder da seguinte maneira: mantiveram a posição de largada de 90° e, ao invés de contarem com uma única oscilação, procuravam contar o número de oscilações completas executadas

pelo pêndulo durante um intervalo de tempo que correspondesse a um número inteiro de segundos. Pelos dados obtidos, dessa forma, a regularidade que se pode depreender foi a de que o período aumentava quando o comprimento do pêndulo fosse maior, mas não conseguiram estabelecer esta regularidade, a princípio, devido à maneira desordenada como registraram os dados.

O Problema da Relatividade da Medida no Fenômeno do Movimento do Pêndulo

O fenômeno do movimento do pêndulo, considerada a forma de tratamento dada a ele, apresenta uma peculiaridade quanto à relação entre seus fatores, quando é o caso de se estudar sua periodicidade. Referimo-nos à diminuição contínua de sua amplitude, quando observado em condições reais, no decorrer de suas sucessivas oscilações. Isto significa que dois fatores interdependentes variam conjuntamente durante o movimento do pêndulo, o período e a amplitude, sendo que, em princípio, se pretende o valor de apenas um deles, o período.

Quanto aos fatores envolvidos no mesmo estudo do movimento pêndulo, todos eles podem, direta ou indiretamente, interferir na sua periodicidade. No entanto, uns são possíveis de serem determinados independentemente do movimento - como é o caso do comprimento, massa e volume - sujeitos, pois, apenas a um valor absoluto de suas medidas, ao passo que outros, como o próprio período e a variação da amplitude, dependentes daqueles, podem vir a solicitar uma concepção relativa de suas medidas, de acordo como essas se processam, já que o segundo fator (a variação da amplitude) interfere no primeiro (o período).

Considerando-se que uma das atividades propostas aos nossos alunos pretendeu, em

primeiro, averiguar a interdependência do fator amplitude sobre o pêndulo, e que, nas duas outras, esse fator apareceu implicitamente como supostamente invariável, fato facilmente contestável pela observação do seu movimento, o problema que se apresentou aos alunos é o da sua medida, conforme a situação que atribuímos aos fatores em jogo.

Nosso propósito, agora, é o de analisar os procedimentos alternativos já apresentados, dos diferentes grupos de alunos. Num primeiro momento, dividiremos esta análise em três partes, que correspondem às categorias em que foram classificados os grupos. Assim, a primeira categoria se refere àqueles grupos que tenderam a uma medida relativa do período e, a segunda, àqueles grupos que procuraram sua medida absoluta. Em ambos os casos, nos referimos à integração do fator variação da amplitude ao sistema dos demais fatores que compõem o movimento do pêndulo. Na terceira categoria, se classificaram os grupos que negaram essa integração ou revelaram incompreensão quanto as características das atividades.

Num segundo momento, trataremos os diferentes grupos em subcategorias, devido aos procedimentos alternativos adotados ou às suposições acerca de regularidades, específicas ou não, das atividades por eles desenvolvidas.

Categoria A - Aceitação da Medida Relativa

Os grupos que foram classificados nessa categoria são os grupos 1, 4 e 7. Isto porque demonstraram aceitar a medida relativa do período do pêndulo, tendo em vista o problema concebido por eles, associado à variação da amplitude. O primeiro aspecto

que revela essa aceitação é a integração desse fator ao movimento do pêndulo, ou seja, o fato de admitirem a variação da amplitude como uma das manifestações inerentes a esse fenômeno, como demonstraram os procedimentos desses grupos. Note-se que foram os grupos que adotaram a contagem de várias oscilações para a medida do período e que suas medidas apontaram para uma regularidade. O segundo aspecto refere-se à concepção de um valor “médio” para a medida do período, guardadas as condições em que o mesmo é avaliado e a organização atribuída ao experimento pelos alunos. De fato, a contagem de várias oscilações para a medida do período implica, implicitamente, na aceitação de uma “média” para a medida do período dentro de uma certa faixa de variação de amplitude, muito embora essa aceitação não tenha sido explicitada.

Categoria B - Aceitação da Medida Absoluta

Classificaram-se nesta categoria os grupos 3 e 6. Além de aceitarem a variação de amplitude como um dos fatores que compõem o movimento do pêndulo, esses grupos apresentaram procedimentos que levavam à tentativa de minimizar a variação da amplitude, seja contando uma única oscilação, seja operando com amplitudes pequenas. A esses procedimentos associamos a criação de condições para a medida absoluta do período e não uma medida que caracterizasse uma tendência relativa ao valor dessa grandeza.

Categoria C - Indefinição do Critério de Medida

Nesta categoria foram classificados os grupos 2 e 5, em primeiro lugar pelo fato de negarem a integração do fator variação da

amplitude do pêndulo e, em segundo lugar, pela não identificação do problema relativo à presença desse fator, aspectos esses que levaram os dois grupos a não definir critérios de medidas concordantes com o fenômeno em estudo. Lembramos que o grupo 2 imaginava eliminar o fator variação da amplitude ao largar o pêndulo de uma amplitude grande para a contagem das oscilações com uma amplitude menor. No caso do grupo 5, não houve uma definição de procedimentos relativos ao estudo em questão.

As Subcategorias

Quanto aos procedimentos específicos, para o estabelecimento de regularidades, cada um dos grupos caracterizou uma subcategoria. A saber:

Grupo 1 - predeterminação da relação entre o período e a amplitude.

Grupo 2 - tentativa de burla para com os dados obtidos; falta de compreensão da determinação do período em função da variação da amplitude.

Grupo 3 - rejeição de dados incompatíveis entre si.

Grupo 4 - indefinição de critérios para com os dados incompatíveis.

Grupo 5 - tentativa de eliminar a variação da amplitude e busca de uma medida invariável para o período.

Grupo 6 - critério de moda (valor mais freqüente) para a escolha dos dados obtidos.

Grupo 7 - ausência de critérios para o estabelecimento de uma tendência dos dados indicando uma possível regularidade.

Conclusões e Implicações

Os resultados até aqui apresentados nos levam a concluir ser possível se estudar, com alunos do 2º grau, fenômenos físicos considerando-se a totalidade de suas características métricas, sem que, para tanto, haja necessidade da redução prévia de suas medidas à escala de razão como convencionalmente se propõe.

No ensino através do laboratório convencional, reduz-se os procedimentos de medida à busca de valores absolutos para as variáveis envolvidas, em detrimento a uma proposta mais aberta que permite a identificação e concepção dos problemas afeitos à medida relativa, por intermédio, como vimos, de procedimentos alternativos por parte dos alunos. Foi a necessidade da concepção de um valor "médio" para o período que introduziu problemas e conflitos significativos sobre o controle de variáveis e sobre o "erro" experimental.

Além disso, se na experimentação convencional os alunos são sujeitos a uma falta de autonomia quanto às suas ações e operações sobre o fenômeno, com os professores não ocorre de forma diferente. Em tais situações, o objetivo central do professor é o de dirigir seus alunos ao produto preestabelecido pelas atividades propostas, sem se dar conta de que os processos nelas envolvidos guardam uma grande distância dos problemas e limitações desses alunos para compreendê-los. Nesses casos, o conteúdo de trabalho do professor é o conhecimento como produto institucionalizado pelos instrumentos de veiculação da ciência física no 2º grau. Dessa concepção resta a ele avaliar se os seus alunos conseguem atingi-lo ou não. O que temos constatado é que tal produto só passa a fazer parte do conhecimento desses alunos desde que reduzido a relações

algébricas, onde os fatores que delas participam pouco ou nada têm a ver, para esses alunos, com as características dos fenômenos a que elas se referem. No entanto, os problemas referentes ao processo, e que aproximariam os alunos dessas características, continuam latentes, sem serem tratados.

Podemos, assim, nos perguntar qual o conteúdo de trabalho real do professor: o produto formalizado desse conhecimento ou o processo de produção e construção de um conhecimento próprio dos seus alunos e que se refere à sua origem, ou seja, o fenômeno físico.

Nossa pesquisa se restringiu ao trabalho junto a uma classe de 22 alunos, voltado ao estudo de um fenômeno cujas características, pudemos ver, favoreceram o aparecimento de questões significativas quanto à ação pedagógica do professor em sala de aula. Nesse sentido, não podemos tomar as categorias aqui estabelecidas como generalizáveis. Porém, são proposições prováveis de serem observadas em outras situações, principalmente por tratarem de problemas que não parecem exclusivos de um único conjunto de alunos.

É necessário, ainda, acrescentar, aqui, algumas considerações sobre a experiência pedagógica que oportunizou esta pesquisa, a fim de impedir possíveis vieses no que tange a sua caracterização.

Em primeiro lugar, é próprio afirmar que não partimos das concepções alternativas dos alunos visto que tais concepções adviriam, obrigatoriamente, dos seus procedimentos alternativos ao estudarem experimentalmente o movimento do pêndulo, como tivemos oportunidade de constatar.

Em segundo lugar, não nos circunscrevemos às regularidades ou relações preestabelecidas, mas,

principalmente, àquelas concebidas pelos alunos em processo de desenvolvimento das atividades propostas. Não se tratou, portanto, de um processamento de “redescoberta” das relações instituídas, visto que estas tiveram um lugar definido neste trabalho.

Em terceiro lugar, a autonomia de que os alunos dispuseram para a organização e constituição dos seus próprios procedimentos e técnicas de medidas, referentes aos fatores indicados por nós ou identificados por eles, por si só nos impossibilitou de estabelecermos, previamente, um padrão de composição e de decomposição do fenômeno abordado, não obstante nos tenhamos servido dessa reciprocidade para depreendermos suas concepções através de suas falas e de seus procedimentos.

Dessa forma, não atribuímos a este trabalho com os alunos o cunho de “método de solução de problemas”, a não ser que se entenda que os problemas, para eles, só se constituam como tais a partir da sua identificação e com características próprias das suas indagações, no processo de realização das experiências oriundas das atividades propostas.

Em quarto lugar, é importante diferenciar as condições desta pesquisa daquelas que levaram Barbel Inhelder e Jean Piaget (1970) a estudar o comportamento de crianças e adolescentes frente ao fenômeno do movimento do pêndulo, conforme consta na obra *“De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent”*, visto que nos dois casos aparece a decomposição desse fenômeno em seus fatores.

A diferença principal reside no fato de que admitimos como fatores intervenientes

ou potencialmente intervenientes na frequência, ou período do pêndulo, todos os apontados por Inhelder e Piaget, além de outros como a variação da amplitude, mais aqueles espontaneamente concebidos pelos alunos, como vimos. Disso resulta a possibilidade de conjunção e disjunção de fatores relativos ao movimento do pêndulo, onde a interferência do processo de medição sistemática, em um certo nível de precisão, é decisiva. E essa não foi a preocupação desses autores, mesmo ao estudar essas operações em separado.

Por último, em termos de propostas para o ensino experimental, queremos ressaltar os trabalhos de M. A. Moreira e C. E. Levandowski (1983) relativos ao ensino de Física por intermédio de laboratório, apresentados na obra *“Diferentes abordagens ensino de laboratório”*, mostrando algumas distinções com relação a esta pesquisa.

Nas propostas contidas nessa obra, que vão da “identificação do experimento” à “análise da estrutura de um experimento”, à qual é conferido o qualificativo de uma “extensão” da primeira, que, por sua vez, consta simplesmente da sua identificação, depreendemos sempre uma tentativa de ensinar um corpo de conhecimentos, estruturado na sua forma e conteúdo, em dois diferentes níveis, por intermédio de um processo organizativo do qual participam modelos e mecanismos facilitadores para isso.

Não adotamos essas abordagens para o desenvolvimento do nosso trabalho junto aos alunos, visto que não intencionávamos fazer com que os alunos identificassem a “estrutura do experimento” a ser feito, uma vez que essa estruturação, como vimos, deveria ser própria dos seus procedimentos.

Quanto à análise das estruturas emergentes, circunscrevemo-nos na busca de regularidades que não as "do ponto de vista epistemológico", conforme referência dos autores, na qual, entendemos, participa efetivamente o aspecto conhecimento acumulado, tendo em vista o modelo proposto para tanto.

Referências Bibliográficas

- Aebli, H. (1973). *Didática Psicológica: Aplicação à didática da psicologia de Jean Piaget*. São Paulo: Ed. Nacional.
- Inhelder, B. et Piaget, J. (1970). *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Kamii, C. (1984). A autonomia como finalidade da Educação: Implicações da Teoria de Piaget, In: C. Kamii (Org.), *A criança e o número*. Campinas: Papyrus.
- Kittel, C. & outros. (1965). *Mechanics, Berkeley Physics Course*. Volume 1. New York: Mc-Graw-Hill Book Company.
- Le Boutet, L. (1973). *L'enseignement de la physique*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Moreira, M. A. e Levandowski, C. E. (1983). *Diferentes abordagens ao ensino de laboratório*. Porto Alegre: Editora da Universidade.
- Pacheco, D. (1985). *Experimentação e Conhecimento: Da Interação com um Fenômeno Dinâmico ao Estabelecimento de Regularidades - Uma introdução ao problema da iniciação à Física no 2º grau*. Campinas, Faculdade de Educação da UNICAMP, (Tese de Doutorado).
- Snyders, G. (1978). *Para onde vão as pedagogias não-diretivas?* Lisboa: Moraes Editores.