



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

VINICIUS MONTAI

**CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE MEDIÇÃO POR MEIO
DE UMA ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA BASEADA NO
MODELO DIDÁTICO DE FORMULAÇÃO DE PERGUNTAS**

Londrina
2010

VINICIUS MONTAI

**CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE MEDIÇÃO POR MEIO
DE UMA ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA BASEADA NO
MODELO DIDÁTICO DE FORMULAÇÃO DE PERGUNTAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina, apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú

Londrina
2010

VINICIUS MONTAI

**CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE MEDIÇÃO POR MEIO DE UMA
ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA BASEADA NO MODELO DIDÁTICO DE
FORMULAÇÃO DE PERGUNTAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina, apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Álvaro Lorecini Júnior
UEL – Londrina – PR

Profa. Dra. Polônia Altoe Fusinato
UEM – Maringá – PR

Londrina, 30 de abril de 2010.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú, cuja valiosa orientação contribuiu imensamente para o crescimento profissional e pessoal. Por quem tenho grande admiração e respeito, agradeço pela confiança em mim depositada e pelo incentivo constante.

Aos colegas de grupo de estudo do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (MECEM) e, em especial ao Osmar, pelas importantes discussões e colaboração para a execução desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Álvaro Lorencini Júnior, pelas importantes sugestões que guiaram o desenvolvimento do trabalho.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À minha mãe, Eunice, por todo o amor, carinho, paciência, dedicação, compreensão e apoio. Pela experiência de vida e pelo exemplo de integridade que, tão sabiamente, tornou possível a realização desse sonho.

À Roberta, por todo amor, cumplicidade, compreensão e companheirismo. Pelo exemplo de profissional, agradeço por me incentivar de maneira incondicional e me ensinar a não desistir dos objetivos. “Cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha, e não nos deixa só, por que deixa um pouco de si e leva um pouquinho de nós. Essa é a mais bela responsabilidade da vida e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso.” (Chaplin).

À Dirce e Roberto, que se tornaram minha 2ª família, e ajudaram a superar as dificuldades enfrentadas durante essa etapa da minha vida.

A avaliação da incerteza não é uma tarefa de rotina, nem um trabalho puramente matemático. Ela depende do conhecimento detalhado da natureza do mensurando e da medição. Assim, a qualidade e a utilidade da incerteza apresentada para o resultado de uma medição dependem, em última instância, da compreensão, da análise crítica e da integridade daqueles que contribuíram para atribuir-lhe um valor.

“Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements”

International Organization for Standardization (1993)

MONTAI, Vinicius. **Construção do conceito de medição por meio de uma estratégia pedagógica baseada no modelo didático de formulação de pergunta**. 2010. 94f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010

RESUMO

O laboratório didático é de suma importância no aprendizado de Física já que contribui para relacionar teoria e prática. Entretanto, estudos relatam que muitos alunos demonstram dificuldade em compreender as atividades experimentais por se encontrarem no Paradigma Pontual e, portanto, carregam representações problemáticas ao se depararem com a realização de atividades investigativas que envolvem mensurações. A utilização de práticas que permitam o desenvolvimento dos conteúdos por meio das interações discursivas constitui uma importante estratégia na superação de problemas que afetam o sistema de ensino em geral e particularmente o ensino de Física. O presente estudo teve como objetivo avaliar o nível de entendimento alcançado pelos alunos durante uma atividade de medição no laboratório didático, no qual o Modelo de Formulação de Perguntas foi adotado para guiar o discurso do professor, como estratégia para a superação das dificuldades enfrentadas pelos estudantes no ensino de Física. Foram analisados 21 alunos do 1º ano de graduação em Engenharia Ambiental de uma universidade pública na cidade de Londrina (Paraná). Questionários escritos foram aplicados antes e após a realização de uma atividade experimental para verificar o entendimento dos alunos sobre o processo de medição. Os alunos foram orientados a realizar a medição do período de um pêndulo simples e após o procedimento, o professor guiou uma discussão orientando-se principalmente nos fundamentos do Modelo Didático de Formulação de Perguntas, a fim de estimular os alunos a refletirem a respeito da atividade realizada e dos resultados encontrados. Com isso, o professor visou explorar possíveis mudanças no entendimento dos alunos a respeito do processo de medição para o paradigma de conjunto. Os resultados mostraram que os 21 alunos encontravam-se no Paradigma Pontual antes da realização da atividade experimental. No entanto, após a discussão baseada no Modelo de Formulação de Perguntas, 16 alunos passaram a ter razões que os enquadravam no Paradigma de Conjunto. Embora inicialmente os alunos tenham apresentado conceitos que se encaixaram no Paradigma Pontual, a devida orientação do professor durante a realização da atividade experimental, guiado pelo Modelo de Formulação de Perguntas, demonstrou ser eficiente na condução do raciocínio dos alunos ao Paradigma de Conjunto e, conseqüentemente, contribuiu de maneira positiva na construção do conceito de medição dos estudantes.

Palavras-Chaves: Paradigma de conjunto. Ensino. Física. Dificuldade. Formulação de perguntas. Laboratório.

MONTAI, Vinicius. **Construção do conceito de medição por meio de uma estratégia pedagógica baseada no modelo didático de formulação de pergunta**. 2010. 94f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010

ABSTRACT

The didactic laboratory is of addition importance in Physics learning since it contributes to relate theory and practice. However, studies tell that many students demonstrate difficulty in understanding the experimental activities for if they find in the Punctual Paradigm and, therefore, they carry problematic representations to the they come across the accomplishment of activities that involve measurements. The use of practices that you/they allow the development of the contents through the discursive interactions constitutes an important strategy in general in the overcome of problems that affect the education system and particularly Physics teaching. The present study had as objective evaluates the understanding level reached by the students during a measurement activity in the didactic laboratory, in which the Model of Formulation of Questions was adopted to guide the teacher's speech, as strategy for the overcome of the difficulties faced by the students in Physics teaching. 21 students the 1st years old were analyzed in Environmental Engineering of a public university in the city of Londrina (Paraná). Questionnaires writings were applied before and after the accomplishment of an experimental activity to verify the students' understanding on the measurement process. The students were guided to accomplish the measurement of the period of a simple pendulum and after the procedure, the teacher guided a discussion being guided mainly in the foundations of the Didactic Model of Formulation of Questions, in order to stimulate the students to reflect her/it regarding the accomplished activity and of the found results. With that, the teacher sought to explore possible changes in the students' understanding regarding the measurement process for the group paradigm. The results showed that the 21 students met in the Punctual Paradigm before the accomplishment of the experimental activity. However, after the discussion based on the Model of Formulation of Questions, 16 students started to have reasons that framed them in the Paradigm of Group. Although initially the students have presented concepts that they were fit in the Punctual Paradigm, the teacher's due orientation during the accomplishment of the experimental activity, guided by the Model of Formulation of Questions, it demonstrated to belong efficient in the transport of the reasoning to the students to the Paradigm of Group and, consequently, it contributed in a positive way in the construction of the concept of the students' measurement.

Keywords: Physics study and teaching. Physics experiments. Physical measurements. Concept formation. Physics. Questions and answers.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 MEDIÇÃO	12
1.1 LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA.....	12
1.2 PROCESSO DE MEDIÇÃO EM INVESTIGAÇÕES CIENTÍFICAS	15
1.3 ERROS EXPERIMENTAIS	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 PARADIGMA PONTUAL E PARADIGMA DE CONJUNTO	22
2.2 METODOLOGIA DE FORMULAÇÃO DE PERGUNTAS.....	27
2.2.1 Papel do Professor	32
2.2.2 Formulação das Perguntas em Sala de Aula.....	37
2.3 INTERAÇÕES EM SALA DE AULA	41
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	46
3.1 AMOSTRA	46
3.2 PROCEDIMENTO.....	46
3.3 PESQUISA QUALITATIVA.....	46
3.4 QUESTIONÁRIOS ESCRITOS	47
3.5 ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	49
3.6 PERGUNTAS ESTRUTURANTES DO DISCURSO.....	50
4 ANÁLISE DOS DADOS	53
CONCLUSÃO	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXO	80
ANEXO 1 – Transcrição do discurso de sala de aula	81

INTRODUÇÃO

As dificuldades e problemas que afetam o sistema de ensino em geral e particularmente o ensino de Física não são recentes e têm sido diagnosticados há muitos anos, levando diferentes grupos de estudiosos e pesquisadores a refletirem sobre suas causas e conseqüências (ARAÚJO; ABIB, 2003).

A ação educativa desenvolvida pelos professores tem se caracterizado por atividades pedagógicas voltadas para a apresentação de conceitos, leis e fórmulas de modo desarticulado e distanciado da realidade do educando (ROSA; ROSA, 2005). Na busca por amenizar essa situação, alguns professores têm buscado no uso do laboratório didático um apoio para que as aulas de ciências se tornem significativas e próximas do aluno.

Entretanto, a utilização do laboratório didático na ação pedagógica deve ser realizada de maneira consciente para que contribua no processo de formação dos indivíduos, não se tornando mais uma ação ineficiente no processo educativo (MARINELLI; PACCA, 2006). Portanto, para que as atividades em laboratório possam auxiliar de maneira efetiva torna-se importante que os estudantes realizem a medição corretamente durante uma investigação científica, em suas fases de coleta, processamento e comparação de dados de maneira adequada.

Experimentação e medidas são muito importantes para produzir conhecimento nas ciências naturais, porém, estudos indicam que alunos do ensino médio (COELHO; SÉRÉ, 1998) e superior (EVANGELINOS et al., 1999) não tem um entendimento básico sobre medição. De acordo com a literatura científica (CAUZINILLE-MARMÉCHE et al. 1985, LUBBEN; MILLAR, 1996, ALLIE et al., 1998, BUFFER et. al., 2001), os estudantes apresentam idéias sobre medição que podem ser classificadas no Paradigma Pontual, caracterizado pela noção incorreta de que cada medida pode em princípio ser o valor verdadeiro e que medidas podem estar isentas de qualquer tipo de erro, ou no Paradigma de Conjunto, caracterizado pela idéia de que cada medida é só uma aproximação do valor verdadeiro e que flutuações ocorrerem devido aos erros no processo de medição, mesmo que tal processo ocorra com a máxima cautela.

Nesse contexto, práticas que permitam o desenvolvimento dos conteúdos por meio das interações discursivas reflexivas entre aluno/professor e aluno/aluno representam uma importante opção já que, por sua característica, auxiliam na superação da passividade em sala de aula e possibilitam mudanças de comportamento e atitudes dos alunos

no que se refere à motivação, interesse, curiosidade e participação no desenvolvimento das aulas.

O Modelo Didático de Formulação de Perguntas proposto por Lorencini Jr. (2000) produz o chamado discurso reflexivo entre professor e alunos e acarreta efeitos significativos nos processos interativos e cognitivos em sala de aula, tornando os conhecimentos prévios ativados e explícitos para o coletivo da sala de aula.

Estudos de Sales (2009), apontaram que as perguntas provocativas se configuram numa importante ferramenta pedagógica auxiliadora para a aprendizagem no ensino dos procedimentos de medição de uma grandeza física experimental. Assim, a adoção do referido modelo pelos professores em atividades no laboratório didático pode auxiliar de maneira efetiva no ensino de física, já que proporciona aos estudantes refletirem sobre o conceito de medição, contribuindo para que alcancem o Paradigma de Conjunto.

A sala de aula apresenta-se como um importante espaço de interação entre alunos e entre alunos e professor. Nesse ambiente, o professor assume o papel de mediador na construção dos conhecimentos científicos, possibilitando aos alunos tornarem-se co-educadores deste processo. Contudo, para que este relacionamento ocorra é requerido do professor um conjunto de habilidades interpessoais “para conceber, planejar, participar e coordenar as interações educativas com e entre os alunos”. Assim, cabe ao professor, buscar as relações de elaboração, adequação e pertinência que os conhecimentos prévios dos alunos estabelecem frente a um novo conteúdo científico, já que estes orientam a interpretação das informações, selecionam e organizam os tipos de relações de significados.

Os conhecimentos prévios são os fundamentos cognitivos para a construção de novos significados, portanto, pode-se admitir que diante de um novo conteúdo o aluno elabora uma representação, utilizando os conhecimentos prévios que lhe permitam atribuir a esse conteúdo algum grau de significado. De acordo com Zabala (1998) para poder estabelecer vínculos entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios, é necessário determinar interesses e motivações, para gerar um ambiente em que seja possível que os alunos façam suas perguntas e comentem o processo.

Segundo Lorencini Jr (2000), a adoção do modelo didático de formulação de perguntas pelo professor promove mudanças significativas em sua prática educativa. Tais mudanças se referem fundamentalmente à postura pedagógica do professor frente ao processo de ensino-aprendizagem articulada com suas implicações sobre o currículo de Ciências e Biologia. A prática do modelo didático de formulação de perguntas promove uma flexibilização da postura pedagógica do professor no que se refere à redução das suas

intervenções, proporcionando maior participação dos alunos. Para o autor, as perguntas têm funcionalidade em pelo menos três fases do processo de aprendizagem: na ativação dos conhecimentos prévios, no processamento das informações e na estabilização dos conhecimentos.

Faria (2008) sugere que o modelo de formulação de perguntas pode diminuir a indisciplina e proporcionar a superação da passividade dos alunos em sala de aula, proporcionando um aprendizado real que possa ser transposto para a resolução do problema do dia-a-dia delegando ao professor outro papel, que não seja o de apenas transmissor de conteúdos.

Pelo exposto, o presente estudo visa avaliar o nível de entendimento alcançado pelos alunos durante uma atividade de medição no laboratório didático, no qual o modelo de formulação de perguntas foi adotado pelo professor como estratégia a superação das dificuldades enfrentadas pelos estudantes no ensino de física.

1 MEDIÇÃO

O presente capítulo visa mostrar a importância das atividades práticas no ensino de Física de acordo com a literatura científica. Portanto, serão abordados aspectos relativos ao laboratório didático e a importância do processo de medição de uma grandeza em física, nas suas fases de coleta, processamento e comparação dos dados. Adicionalmente, o capítulo irá abordar os erros experimentais visto que estão associados ao processo de medição.

1.1 LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA

O laboratório didático é, atualmente, considerado peça-chave no aprendizado de Física já que contribui para relacionar teoria e prática. Entretanto, para que este tipo de atividade seja realmente eficiente é necessário refletir a respeito da sua função no ensino de Física atual (MARINELLI; PACCA, 2006).

O laboratório didático pode apresentar diversas abordagens dadas pelo professor. Para Moreira e Levandowsky (1983) estas abordagens podem ser as seguintes: laboratório programado, laboratório com ênfase na estrutura do experimento e laboratório sob enfoque epistemológico.

No laboratório programado o aluno é guiado por procedimentos destinados a produzir resultados específicos, sendo considerado um laboratório altamente estruturado, seguindo roteiros pré-estabelecidos. O objetivo é proporcionar a aprendizagem de habilidades para manuseio de equipamentos e a aprendizagem do conteúdo ministrado em aula. O resultado é previamente planejado pelo professor, deixando praticamente ausente a liberdade de ação do aluno.

Por outro lado, o laboratório com ênfase na estrutura do experimento é destinado a enfatizar a identificação, por parte do aluno, da estrutura do experimento que está sendo realizado. Considera-se estrutura como a identificação das diversas partes que compõem esse experimento, a descrição das funções de cada parte, bem como das relações funcionais entre essas partes. Pertence a classe de laboratório não-estruturado aquele que não se apresenta com roteiros bem detalhados, ficando a cargo do aluno a escolha do procedimento. O objetivo é proporcionar o manuseio de equipamentos, a aprendizagem do conteúdo ministrado na sala de aula e a aprendizagem da experimentação.

Por fim, o laboratório sob enfoque epistemológico, aborda mais a fundo a questão da natureza do conhecimento e da forma como este é produzido, indo além da identificação do fenômeno de interesse, da questão básica, dos conceitos-chave, do método, dos resultados e do valor desses resultados, pois procura relacionar todo esse aspecto num enfoque epistemológico. Tal enfoque o classifica como laboratório não-estruturado, com seus objetivos centralizados nas habilidades de manuseio de aparelhos, na aprendizagem do conteúdo ministrado em aula e na aprendizagem da experimentação. Apresenta ainda, roteiro com alguns modelos de ensino como referencial teórico-pedagógico, com roteiros não detalhados, fornecendo modelos heurísticos que auxiliem na compreensão da estrutura epistemológica dos experimentos.

A utilização de experimentos no ensino de Física continua sendo um assunto de interesse de pesquisadores da área, pois apresenta uma ampla gama de enfoques e finalidades. Além disso, o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais eficientes de minimizar as dificuldades em se aprender e ensinar Física de modo significativo e consistente (ARAÚJO; ABIB, 2003). O uso do laboratório didático é um dos mais eficientes meios para se conseguir a contextualização, o entendimento e o envolvimento dos alunos com determinado conteúdo (SIAS; RIBEIRO-TEIXEIRA, 2006).

De acordo com Moreira e Axt (1992), as atividades experimentais têm sido utilizadas como uma estratégia no ensino de Física, visto que o encaminhamento didático pode ocorrer no sentido de fornecer condições para os alunos realizarem uma reflexão e revisão de idéias em relação aos fenômenos e conceitos estudados reestruturando seus modelos educativos.

A ação educativa desenvolvida pelos professores tem se caracterizado por atividades pedagógicas voltadas para a apresentação de conceitos, leis e fórmulas de modo desarticulado e distanciado da realidade do educando (ROSA; ROSA, 2005). Portanto, as atividades em laboratório fornecem aos alunos a oportunidade de relacionar conceitos ao contexto empírico e, assim, esses estudantes não permanecem estáticos ao mundo dos conceitos e linguagens (SÉRÉ et al., 2002).

Hodson (1992) afirma que as atividades experimentais podem promover mudanças conceituais nos alunos, desde que os professores realizem atividades que permitam:

- Expor, explorar e testar suas idéias iniciais a respeito de um fenômeno;
- Emitir explicações das observações e levantar novas idéias em outras situações;

- Modificar e refinar opiniões frente às novas observações;
- Realizar previsões frente ao experimento e julgar resultados diante das observações contraditórias.

Estudos prévios relatam a importância das atividades em laboratório para o ensino de Ciências. Laburú (2005) aponta que a adoção de atividades experimentais no ensino de Física pode proporcionar aos estudantes melhor compreensão de determinados fenômenos por meio de argumentos e confrontos de idéias na busca de definir conceitos científicos. Conforme o autor, as atividades de laboratório devem envolver a manipulação do equipamento, coleta e processamento de dados, a fim de se tornarem relevantes na compreensão da parte procedimental da experimentação e não apenas em caráter de verificação.

De acordo com Gil-Pérez (2001), a aprendizagem de ciências deve se basear na proposição de problemas que levem em conta as idéias, habilidades e interesses dos alunos. Estas atividades devem, portanto, ser acessíveis, de modo a permitir aos estudantes a análise da situação problemática, e que, sob orientação do professor, possam formular hipóteses, estratégias de resolução de problemas e analisar os resultados obtidos na investigação, cotejando-os com os da comunidade científica.

Para Kuhn e colaboradores (2000), as investigações são atividades educacionais em que os estudantes, individualmente ou em grupo, averiguam um conjunto de fenômenos, reais ou virtuais, e, a partir da realização de observações e experimentos, propõem conclusões e inferências. As atividades práticas baseadas em investigações são apropriadas para trabalhar assuntos relacionados à natureza da atividade científica, pois os estudantes utilizam os processos e métodos da Ciência para investigar fenômenos e resolver problemas como meios de aumentar e desenvolver seus conhecimentos, e fornecem um elemento integrador poderoso para o currículo. Ao mesmo tempo, os estudantes adquirem uma compreensão mais profunda da atividade científica, e as investigações tornam-se um método tanto para aprender Ciência como aprender sobre a Ciência. (HODSON, 1992).

Outros estudos relacionados ao laboratório didático exploram o desenvolvimento de habilidades metacognitivas em um laboratório investigativo. Kipnis (2007) analisou a utilização de experimentos em laboratório investigativo por professores do ensino médio. Foram analisadas as habilidades dos alunos em identificar o problema, formular hipóteses, delinear o experimento, obter e analisar dados, esboçar conclusões a respeito de problemas e fenômenos científicos. Enquanto conduziam estas atividades em pequenos grupos colaborativos, os alunos foram encorajados pelos professores a discutir suas

idéias a respeito do fenômeno científico. O autor verificou que os estudantes praticavam suas habilidades metacognitivas em vários estágios da atividade experimental ao trabalhar em atividades investigativas. Assim, o laboratório do tipo investigativo propriamente planejado e trabalhado pode dar aos estudantes oportunidades para praticar habilidades metacognitivas, que são consideradas um importante componente no ensino de ciências.

Porém, Kanari e Millar (2004) verificaram que indivíduos enfrentam certas dificuldades características quando engajados em investigações. Portanto, basear o ensino de Física e de Ciências em atividades investigativas como forma de promover a aprendizagem de e sobre ciências requer empenho para compreender o raciocínio dos estudantes enquanto realizam essas atividades, para que sejam estabelecidas metas curriculares e formas viáveis de promover o desenvolvimento do seu pensamento científico.

Apesar de estarem convencidos da importância das atividades experimentais, os docentes que as utilizam abundantemente em sua prática didática têm consciência de que a experimentação está longe de constituir a panacéia para o Ensino de Física. A aprendizagem dos estudantes parece sujeita a limitações e ambiguidades que tornam o problema digno de ser analisado mais cuidadosamente (VILLANI; CARVALHO, 1993).

Algumas críticas feitas às atividades práticas no ensino de ciências se referem ao fato de que a maior parte do tempo é consumida na montagem e coleta de dados, restando pouco tempo para a análise, discussão dos resultados e ao próprio entendimento da atividade realizada (SIAS; RIBEIRO-TEIXEIRA, 2006).

Sob esse aspecto, verifica-se a importância de que o professor explore a oportunidade de experimentar juntamente com seus estudantes em sala de aula, pois a capacidade de pensar o meio como um contexto povoado de avanços tecnológicos direciona-se ao conhecimento científico (SALES, 2009). Dessa maneira, as atividades práticas podem contribuir de maneira efetiva no processo de formação dos indivíduos, não se tornando mais uma ação ineficiente no processo educativo.

1.2 PROCESSO DE MEDIÇÃO EM INVESTIGAÇÕES CIENTÍFICAS

A realização de medições e a destreza em usar e interpretar dados como evidência para suportar uma conclusão, se confrontados com outros domínios do conteúdo, mereceram a atenção de poucos pesquisadores até meados dos anos 90. Embora muitos docentes estejam convencidos da importância das atividades experimentais, é necessário

refletir a respeito da sua função no ensino de Física atual, já que a aprendizagem dos estudantes não é uma tarefa simples de ser alcançada.

No caso particular dos laboratórios didáticos, muitas vezes os estudantes começam a utilizar diversas ferramentas estatísticas antes sequer de se familiarizarem com o seu significado preciso e com o aparato matemático que as envolve. Esse procedimento pode deixar deficiências na formação do aluno, como a falta do entendimento e do uso correto da linguagem estatística (LIKHACHEV, 2000).

Diversos estudos apontam para a dificuldade apresentada pelo aluno em perceber a possibilidade de ocorrência de flutuações durante o processo de medição em uma investigação científica (MARINELLI; PACCA, 2006; LUBBEN; MILLAR, 1996). De acordo com Weld (1937), não se pode medir uma grandeza física com precisão absoluta, ou seja, qualquer medição por mais bem feita que seja é sempre aproximada. O significado de uma medida, isto é, se a medida é precisa ou não, depende basicamente de três fatores: do método, do instrumento e do experimentador. Assim, qualquer desses fatores pode influenciar a ocorrência de flutuações durante a realização da medição.

O processo de medição baseia-se, de certa forma, na comparação com uma unidade padrão que serve para verificar a quantidade dessa unidade que está contida na grandeza física a medir. Para Tipler (2006), a medição de qualquer grandeza física envolve a comparação com um valor unitário precisamente definido da mesma grandeza, sendo que a magnitude desta grandeza deve incluir um número e uma unidade. Nas ciências físicas uma medida é o resultado do ato de medir, e medição se dá por meio de uma grandeza física, o que a diferencia de uma simples contagem numérica.

Kuhn (1989) considera que uma medida produz sempre números reais. Medição é uma ação, é um procedimento. O objetivo de uma medição é determinar o valor do mensurando, isto é, o valor da grandeza específica a ser medida. Para Martins (1982), o resultado de uma medição é somente uma aproximação ou estimativa do valor do mensurando e só é completa quando acompanhada pela declaração de incerteza dessa estimativa. Em muitos casos, o resultado de uma medição é determinado com base em séries ou conjunto de observações obtidas sob condições de repetitividade.

A principal importância da medição, segundo Kuhn (1977), encontra-se fundamentalmente em situações em que as técnicas habituais não são suficientes para restaurar os processos de investigação e a confirmação da medição se faz necessária na troca de uma teoria por outra. O autor afirma que se a medição se afastar de teoria ela somente produz números, já que não fornece indicações da natureza dos fenômenos. Portanto, a função

das medidas consiste em levar ao limite, por meio de aprimoramento das técnicas, os instrumentos, as aproximações teóricas e o refinamento do paradigma. Nessas condições, a medição determina a escolha de paradigmas e teorias, confirmando uma delas. Contudo, por se tratar de uma ciência essencialmente quantitativa, o processo de medição se faz particularmente importante no ensino de Física.

Por estarem associados ao processo de medição, os erros experimentais também devem ser abordados, já que muitos estudantes apresentam dificuldades em compreender a ocorrência dos mesmos e interpretam inadequadamente os dados ao analisarem resultados de atividades experimentais para exhibir conclusões.

1.3 ERROS EXPERIMENTAIS

Em Física lidamos constantemente com números que representam, direta ou indiretamente, o resultado de medições experimentais. Embora seja considerada uma "ciência exata", os instrumentos utilizados na medida de grandezas físicas nunca nos permitem obter o valor exato dessas mesmas grandezas. Todas as medidas são cobertas de um certo grau de inexatidão (WELD, 1937). Os resultados experimentais não são uma representação exata do valor da grandeza medida. Com efeito, cometem-se imprecisões e, se repetirmos a medição da grandeza várias vezes, sempre nas mesmas condições, obteremos em geral valores diferentes (FIGUEIREDO, 1996).

O processo de medição de uma grandeza física pode ser efetuado com uma ou inúmeras medidas repetidas. O resultado de uma grandeza física experimental depende das condições experimentais e dos métodos adotados no experimento (VUOLO, 1992). Segundo Vuolo, o valor exato de uma grandeza física experimental é sempre desconhecido, ainda que se utilize os melhores métodos e instrumentos de medidas, ou seja, esse valor será uma aproximação do valor verdadeiro em decorrência da ocorrência de erros experimentais. Por outro lado, o autor afirma que uma grandeza física só pode ter um valor verdadeiro conhecido quando puder ser definida por um número exato, porém, se isso ocorrer a grandeza física em questão não pode ser considerada como experimental.

Segundo Hennies et al. (1986), o resultado experimental não é uma representação exata do valor de uma grandeza física medida, pois existem imprecisões e, mesmo que se as medidas sejam repetidas várias vezes sob as mesmas condições, os valores obtidos irão, em geral, diferir entre si. O resultado de uma ou várias medições da grandeza é toda informação de que se pode obter o valor verdadeiro da grandeza. Portanto, se as medidas

foram realizadas com cautela é provável que os resultados obtidos sejam próximos entre si e não se afastem muito do valor verdadeiro, de tal forma que o afastamento entre os valores obtidos para a mesma grandeza pode fornecer informações sobre a precisão da medida.

Vuolo (1992) aponta que o foco central da teoria de erros experimentais consiste em determinar o melhor valor possível para a grandeza física experimental a partir dos resultados das medidas e verificar o quanto esse valor difere de valor verdadeiro. Ou seja, o valor verdadeiro de uma medida é dependente do erro, uma vez que, durante a realização de uma medida podem aparecer erros inerentes ao processo de medição.

De acordo com Helene e Vanim (1981), quando um mesmo operador efetua uma série de medidas utilizando um mesmo instrumento, as medidas obtidas apresentarão valores que possivelmente não irão coincidir devidos aos erros experimentais inerentes a qualquer processo de medição. Os autores demonstraram que o valor que mais se aproxima do valor verdadeiro da grandeza experimental é a média aritmética dos valores, denominado valor médio. O valor médio é tanto mais preciso e exato quanto maior for o número (n) de medidas. Assim, se os dados são estatisticamente independentes uns dos outros, então a média é uma estimativa do valor dado a uma grandeza. Sob o mesmo aspecto, Vuolo (1992) afirma que ao se realizar uma serie de medidas em condições idênticas, obtém-se uma série de valores que, em geral, se distribuem de maneira simétrica em torno do valor médio. Portanto, quanto mais estreita for a distribuição em torno do valor médio, mais precisa é a medida. Tal valor pode ser calculado considerando-se que i varia de 1 a n, pela expressão:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Durante um processo de medição podem ocorrer diversos tipos de erros que Hennies et al. (1986) classificaram em erros grosseiros, sistemáticos e estatísticos. Os erros grosseiros se devem a falta de competência do operador, como erros de escala, leitura, falta de calibração do instrumento etc. Tais erros não são permitidos em um processo de medição pois podem ser reduzidos por meio de repetições de medidas e, podem ser desprezados para efeito de cálculo das médias por serem erros discrepantes que diferenciam muito em relação aos demais dados.

O erro sistemático é um erro em que n medidas diferem do valor verdadeiro de uma quantidade constante. Os erros sistemáticos são inerentes ao método escolhido, ao processo de medida ou ao próprio instrumento e podem ser devidos ao observador ou ao

instrumento utilizado. Este tipo de erros afeta sempre o resultado no mesmo sentido e tem sempre a mesma magnitude sendo por isso muito difíceis de detectar. Não existem princípios gerais para tratar este tipo de erros e a sua detecção e a correção exige grande experiência da parte do observador (por exemplo, a utilização de uma régua mal graduada introduz um erro sistemático na medição). Os erros sistemáticos não podem ser diminuídos pelo aumento do número de medições. (CERNUSCHI, 1975)

Os erros sistemáticos podem ser divididos em erros instrumentais, erros teóricos, erros ambientais e erros observacionais. O erro sistemático instrumental resulta da calibração do instrumento de medida e podem ser reduzidos por meio de recalibração ou nova aferição do instrumento de medida e correção dos resultados. Já o erro sistemático teórico resulta do uso de fórmulas teóricas aproximadas ou uso de valores aproximados para constantes físicas que são utilizadas e podem ser reduzidos pelo emprego de modelos físicos suficientemente exatos para o fenômeno em questão. O erro sistemático ambiental se deve efeitos ambientais sobre a experiência, como pressão, umidade, temperatura, campo magnético terrestre, luz, ondas de rádio, aceleração da gravidade e podem ser reduzidos se as condições ambientais forem bem conhecidas e controladas. Por fim, o erro sistemático observacional resulta de falhas ou limitações do próprio observador, como efeito de paralaxe na leitura de instrumentos ou disparo atrasado de um cronômetro. Este tipo de erro pode ser reduzido seguindo-se cuidadosamente os procedimentos corretos para uso dos instrumentos, porém, mesmo que os procedimentos corretos sejam rigorosamente seguidos, ainda poderá existir erro devido às limitações humanas.

Em contrapartida, os erros estatísticos, também chamado de randômicos, acidentais ou aleatórios, podem ter diversas causas e possuem uma incidência desordenada, influenciando os resultados ora num sentido ora noutro. Este tipo de erro é inevitável, mas podem ser minimizados através do aumento do número de experiências efetuadas, ou seja, diminuindo a probabilidade de ocorrência de um "mesmo acidente". No erro estatístico as n medidas se distribuem de maneira aleatória em torno do valor verdadeiro. Conforme o número de medidas aumenta indefinidamente, o valor médio das medidas tende ao valor verdadeiro da grandeza.

De acordo com Vuolo (1992) não é possível a medida de frações menores que o limiar de percepção, todas as medidas físicas são afetadas por erros. A palavra precisão encontra-se relacionada com o tratamento dado aos erros estatísticos em um procedimento de medição. Quanto menor for o erro estatístico, maior será a precisão obtida de uma medida. Dessa forma, a precisão é uma indicação do quanto são reprodutíveis as medidas, ou seja, se

os resultados forem próximos entre si, diz-se que a medida apresenta boa precisão. Para determinar a medida de uma grandeza e minimizar os possíveis erros estatísticos, devemos repetir a experiência várias vezes e adotar um valor médio mais provável. No entanto, é razoável admitir que o valor exato existe e, embora ele não seja conhecido, é possível estimar os limites do intervalo em que ele se encontra.

O erro experimental não pode ser evitado, mesmo nas medições mais precisas e cautelosas. Portanto, faz-se necessário a utilização da teoria de erros para o tratamento destas medidas.

A magnitude do erro ou da incerteza, por si só, não é uma quantidade muito informativa. A sua importância revela-se em comparação com o valor medido. Para melhor avaliar o valor relativo do erro, introduz-se uma quantidade chamada erro relativo, que é a razão entre o erro e o valor verdadeiro da quantidade medida. Para distinguir bem o erro relativo, chama-se erro absoluto a diferença entre o valor medido e o valor verdadeiro. Se x_v for o valor verdadeiro da quantidade a ser medida e o resultado da medição for x , então:

Erro ou erro absoluto: $E = x - x_v$

Erro relativo, expresso em porcentagem: $e = \left(\frac{x - x_v}{x_v} \right) \times 100\%$

Uma medida afetada por erros estatísticos pequenos é considerada de boa precisão, mas altamente inexata, ou seja, longe do valor verdadeiro de grandeza física medida (HENNIES et al., 1986). Este fato pode ser decorrente do uso de padrões inexatos ou ao emprego de aparelhos mal-calibrados utilizados no procedimento de medição. Portanto, a resolução de um instrumento de medida é muito importante no procedimento de medição e pode ser estimada com base no menor valor em uma escala medida.

Como visto anteriormente, o valor verdadeiro exato de uma grandeza física experimental não pode ser conhecido e, portanto, será sempre uma aproximação do valor verdadeiro em decorrência dos erros de medida. Entretanto, o cálculo da incerteza associada a uma medição permite avaliar o grau de confiança nos resultados obtidos.

De acordo com Vuolo (1992), o erro estatístico é a maneira mais utilizada para indicar a incerteza de resultados experimentais de grandezas físicas. O erro estatístico “ σ ” é definido como o desvio padrão da distribuição de erros da grandeza física. Para o erro estatístico e seus múltiplos (2σ e 3σ), os níveis de confiança são válidos no caso de uma distribuição gaussiana de erros. Para tal distribuição de erros, a relação entre erro provável e

erro estatístico é dado por $0,6745\sigma$. Assim, tal valor pode ser interpretado por meio de um intervalo de confiança para diversas estatísticas que podem ocorrer durante a medição de uma grandeza física experimental. A interpretação do erro estatístico, bem como outras formas de incerteza, é baseada no conceito de intervalo de confiança.

Estudos presentes na literatura científica apontam alternativas para verificar a incerteza relacionada ao processo de medição. Vuolo (1992) considera que, como o valor médio apresenta uma incerteza, o cálculo do desvio padrão representa uma boa prática para obter o resultado de uma medição. Entretanto, Hennies et al. (1986) consideram que o desvio quadrático médio tem a importância de mostrar, da melhor forma possível, o espalhamento das medidas. Por outro lado a variância pode ser determinada pela expressão:

$$(\text{Desvio Padrão})^2 = \Sigma (\text{valor medido} - \text{valor médio})^2 / (n - 1)$$

No processo de medição, a interpretação de um resultado está atrelada a um conceito de evidência que permite ao sujeito julgar a qualidade daquilo que foi encontrado e saber como proceder para eliminar erros (SALES, 2009).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo visa abordar aspectos relativos às principais ferramentas pedagógicas que embasaram o discurso do professor em sala de aula para a realização do presente estudo. O Modelo Didático de Formulação de Perguntas proposto por Lorencini Jr (2000) foi adotado a fim de proporcionar aos estudantes refletirem sobre o processo de medição e analisar o nível de entendimento alcançado pelos alunos durante uma atividade no laboratório didático.

2.1 PARADIGMA PONTUAL E PARADIGMA DE CONJUNTO

Experimentação e medidas são muito importantes para produzir conhecimento nas ciências naturais. Porém, trabalhos com alunos do ensino médio (COELHO; SÉRÉ, 1998) e do ensino superior (EVANGELINOS et al., 1999) concluem que os estudantes não tem um entendimento básico sobre o processo de medição. Estudos prévios na literatura científica retratam a questão da medição no ambiente escolar (CAUZINILLE-MARMÉCHE et al., 1985; LUBBEN E MILLAR, 1996; ALLIE ET AL., 1998; BUFFER et al., 2001). Alguns desses trabalhos mostram que certos alunos apresentam idéias sobre medição que podem ser classificadas no paradigma Pontual ou no paradigma de Conjunto. Denominações essas que mantêm paralelo com o conceito kuhniano de paradigma (KUHN, 1978) e pretende conotar um grupo de crenças, valores, técnicas, etc, compartilhados pelos estudantes quando ponderam sobre medição. Por uma reunião dos resultados dos trabalhos de Buffer et al. (2001) e de Lubben e Millar (1996), define-se Paradigma Pontual e Paradigma de Conjunto:

O paradigma pontual é caracterizado pela noção incorreta de que cada medida pode em princípio ser o valor verdadeiro. Como consequência cada medida é independente de outras medidas e medidas individuais não são combinadas de qualquer forma. Se uma série de medidas é levada em consideração, decisões subseqüentes serão baseadas nos dados individuais, como por exemplo, a seleção de um valor que ocorre periodicamente em um conjunto de medidas. A questão central do paradigma pontual está no entendimento de que tanto a ação como a argumentação relaciona-se a medidas individuais num conjunto de dados. O paradigma pontual é suportado pela crença de que a incerteza associada à medida é zero.

O paradigma de conjunto é caracterizado pela idéia de que cada medida é só uma aproximação do valor verdadeiro e que o desvio do valor verdadeiro é aleatório. A melhor informação relativa ao valor verdadeiro é obtida pela combinação das medidas por meio de construções teóricas para descrever os dados coletivamente. O significado e o desvio padrão se tornam ferramentas para fazer comparações com outros conjuntos de dados ou com a teoria. Tal concepção implica uma compreensão em que uma série de medidas será vista como um coletivo que pode ser modelado pela construção teórica, como média e desvio padrão. O paradigma de conjunto é caracterizado pela necessidade de existir alguma incerteza associada com qualquer medida.

Com relação ao procedimento de uma medição, o presente estudo foi dividido em suas três fases: coleta, processamento e comparação dos dados. De acordo com o paradigma de conjunto, as ações ajustadas ao procedimento de uma medição relativos à coleta, processamento e comparação são: na fase da coleta realizar várias medidas de uma mesma quantidade. O sujeito deve se apropriar do entendimento de que uma medida apresenta uma incerteza em seu valor, em função de causas inevitáveis e inerentes ao experimento, vendo necessidade para as repetições e reunião de dados para determinar o alcance da medida experimental procurada; para o processamento, o experimentador deve avaliar os dados em conjunto, compreender que uma medição sempre apresenta uma incerteza, por conseguinte, precisa ser expressa por um intervalo de valores e desprezar dados anômalos, ou seja, aqueles que se afastam muito do valor médio; na comparação, comparar duas ou mais amostras e manter coerência no trato dos dados das amostras individuais com o que tinha feito no momento do processamento de seus dados. Deve haver percepção da compatibilidade entre amostras equivalentes ou diferentes, o que neste experimento significa medir o período de um pêndulo com mesmo comprimento ou com comprimentos diferentes, se o sujeito chega à decisão sobre o período de dois pêndulos de comprimento diferente pela estimativa de algo próximo à noção de “valores médios e intervalos de incertezas” das amostras.

Em Allie et al. (1998) preocuparam-se em estudar o processo de medição dentro do laboratório de física, especificamente com relação a repetição de medidas. Em um experimento que requeria a repetição de distância e do tempo, os alunos perceberam menos razões para determinar o significado da medida da distância do que para a medida do tempo. Em termos de estratégias pedagógicas, a idéia de minimizar a variação inerente das medidas por meio da repetição de medidas para reduzir erros aleatórios pode ser melhor introduzida através de uma série de medidas com diferentes instrumentos de precisão melhorada e discutindo as razões para a variação das leituras, até para o instrumento de maior precisão.

Estudos posteriores de Allie et al. (2001) analisaram a compreensão dos estudantes universitários do 1º ano comparando-se antes de e após instrução no contexto de trabalho experimental em ciências físicas. Provas escritas foram utilizadas para sondar as idéias dos alunos sobre coleta de dados, processamento e comparação dos dados. As respostas dos estudantes foram analisadas em termos dos paradigmas pontual e de conjunto para avaliar a efetividade de currículos de laboratório. Em termos da construção dos paradigmas pontual e de conjunto, a proposta das instruções de laboratório referiram-se a tentativas de mudanças nas ações e argumentações dadas para conduzir os alunos do paradigma pontual para o paradigma de conjunto. Entretanto, os estudos de Allie et al. (1998) e Buffler et al. (2001) mostram que os estudantes terminam o ensino médio firmemente localizados dentro do paradigma pontual e que qualquer ação do paradigma de conjunto (como calcular o significado da medida) são ações mecânicas. Até depois de seis meses de um curso de laboratório, apenas um quarto dos estudantes parecem ter alcançado a meta instrucional desejada.

Ibraihm (2005) avaliou o entendimento dos estudantes de graduação a respeito do processo de medição e flutuações de medidas, explorando a relação entre a visão que os estudantes possuem a respeito da natureza científica e confrontou com a visão da natureza da medida científica. Os dados verificados por Ibraihm (2005) corroboram com Buffler et al. (1998) e indicam que a maior parte dos estudantes chegam às universidades com razões dentro do paradigma pontual e carregam a noção de medida perfeita, que não possui erros ou incertezas associados. Para muitos estudantes é necessária apenas uma única medida realizada com extremo cuidado, e quando se deparam com valores dispersantes tentam escolher o valor correto (por exemplo, o valor recorrente) no meio de um conjunto de dados. O questionário desenvolvido e aplicado para 179 alunos do primeiro ano de uma universidade da África do Sul mostrou que os estudantes que apresentam uma visão de medida segundo o paradigma pontual, geralmente possuem uma visão objetiva de ciência e acreditam que o experimento científico prova que um fenômeno está correto e usam o método científico para prever se as respostas estão consistentes com a teoria. Já os estudantes que se encaixavam no paradigma de conjunto apontam que a interferência humana na ciência e o experimento científico são considerados como ferramentas para compreender o comportamento da natureza.

Estudos de Lubben et al. (2004) apontaram diferenças na percepção de medidas em situações cotidianas e científicas, comparando o entendimento dos alunos quando exploram fatos na cozinha, na farmácia e no laboratório universitário. Por meio de um

questionário aberto, alunos do 1º ano de graduação foram investigados a fim de avaliar desvios de leitura durante a realização de medidas nos diversos ambientes. Os autores verificaram os estudantes lidam de maneira diferente com medições realizadas na cozinha, quando comparadas com medições realizadas na farmácia ou no laboratório. Para os alunos erros na medida da massa são considerados aceitáveis na cozinha mas não nos outros dois casos. Para medições na cozinha uma medida representa uma mera indicação da massa. Estes estudantes utilizam o paradigma de conjunto na cozinha enquanto nos outros dois casos utilizam o paradigma pontual para interpretar os dados.

Sales (2009) investigou os avanços dos estudantes no procedimento de medição em uma atividade experimental realizada individualmente e conduzida por um encaminhamento didático baseado em perguntas provocativas. O autor verificou que os estudantes obtiveram avanços na coleta de dados e abandonaram suas idéias do senso comum. Os alunos adotaram o critério de levar em consideração os dados analisados em conjunto, considerando valores não discrepantes em relação à média. No processamento, os estudantes mostraram um entendimento da aleatoriedade do resultado ao levar em consideração o intervalo de flutuação de valores e escolher o valor da média das medições como resultado adequado, ao invés de selecionar um valor único. Na comparação, os participantes realizaram a comparação de dados entre duas ou mais amostras levando em conta a média aritmética e a qualitativa.

Recentemente, Buffler et al. (2009) procuraram confrontar a relação entre as visões que os estudantes possuem da natureza da ciência com a visão que possuem da natureza da medida científica. O estudo foi baseado em um questionário projetado para o estudo que continha questões que exploravam as visões sobre medida científica (n=8) e que investigavam certos aspectos na natureza da ciência (n=6). As questões focavam comparações de medidas cotidianas com científicas, no significado do termo exato, nas razões quando realizam decisões durante a coleta, processamento e comparação dos dados, e na natureza da incerteza das medidas. As questões sobre a natureza da ciência lidavam com diferentes assuntos que envolviam a natureza e a origem do conhecimento científico, a relação entre experimento científico e teoria, o papel da experimentação na produção de conhecimento e se cientistas usam o método científico ou sua criatividade. Os autores associaram ao paradigma pontual apenas aqueles estudantes que tiveram cinco ou mais respostas (das oito questões exploradas) associadas com o paradigma pontual. O mesmo critério foi aplicado com relação ao paradigma de conjunto. Do total de 179 alunos investigados, 131 foram classificados no

paradigma pontual 35 foram classificados no paradigma de conjunto e 13 não foram classificados.

Foram distintos quatro perfis a respeito da natureza da ciência no estudo de Buffler et al. (2009). Os modeladores, caracterizados pela noção de que hipótese e teoria científica são construídas por cientistas e a evidencia experimental é necessária para validar estas teorias, os cientistas usam sua criatividade na construção de hipóteses ou teorias, durante a experimentação, quando há discrepância entre teoria e resultados experimentais ambos precisam ser examinados. Os experimentadores, que acreditam que os cientistas podem até usar a evidencia experimental para testar hipóteses, mas usam estritamente o método científico, não sua criatividade, quando fazem experimentos, os resultados destes experimentos rigorosos levam uma alta preferência sobre as teorias. No perfil caracterizado como examinadores os estudantes carregam a visão de que as leis da natureza são fixas e estáveis, estas leis estão lá para serem descobertas e não construídas por cientistas, experimentos são importantes, mas não informam as hipóteses ou teorias, cientistas podem usar ambos, método científico ou imaginação, dados experimentais revelam as leis da natureza. Por fim, os descobridores acreditam que as leis são descobertas e não construídas por cientistas, apenas experimentos que baseiam no método científico podem ser usados para generalizar estas leis, se os dados experimentais diferem da teoria então ambos precisam ser checados. Outro aspecto verificado nesse trabalho foi uma maior proporção de estudantes que se encaixam no perfil dos examinadores associada a razões do paradigma pontual, enquanto uma maior proporção de estudantes descritos como modelador foi associada a razões do paradigma de conjunto.

De acordo com a literatura científica, muitos alunos carregam representações problemáticas ao se depararem com a realização de medidas em atividades investigativas que envolvem mensurações (KANARI; MILLAR, 2004; ALLIE et al., 1998). Buffler e Allie (2001) apontaram em seu estudo que a maior parte dos alunos tende a enxergar uma única medida como sendo o valor verdadeiro, ou seja, uma medida é independente de outra e medições individuais não se relacionam de modo algum. Dessa maneira, tais alunos encontram-se no Paradigma Pontual. Sob esse aspecto, as orientações pedagógicas são consideradas prejudicadas em momentos de instrução, pois tais representações são enfrentadas com dificuldades já que englobam compreensões dos estudantes que se opõem às científicas. Destaca-se assim, a importância de metodologias que busquem auxiliar os professores no processo educacional durante procedimentos de medição, fazendo com que os alunos superem tais dificuldades e se aproximem do Paradigma de Conjunto.

2.2 MODELO DE FORMULAÇÃO DE PERGUNTAS

A ação educativa desenvolvida pelos professores no processo ensino-aprendizagem de física tem se caracterizado por atividades pedagógicas voltadas para a apresentação de conceitos, leis e fórmulas de modo desarticulado e distanciado da realidade do educando (ROSA; ROSA, 2005). Diversos estudos apontam a necessidade do emprego de metodologias de ensino que visem amenizar essa condição (ARAÚJO; ABIB, 2003; MARINELLI; PACCA, 2006) e, em consequência, auxiliem nesse processo no qual os professores estão diretamente envolvidos.

O Modelo Didático de Formulação de Perguntas proposto por Lorencini Jr. (2000) permite o desenvolvimento dos conteúdos por meio das interações discursivas reflexivas entre aluno/professor e aluno/aluno. Tal modelo representa uma alternativa que visa a superação da passividade dos alunos em sala de aula, pois possibilita mudanças de comportamento e atitudes dos alunos no que se refere à motivação, interesse, curiosidade e participação no desenvolvimento das aulas, além de delegar ao professor outro papel que não seja o de apenas transmissor de conteúdos.

A arte de questionamento pelo professor pode ser um procedimento básico e fundamental para estimular a atividade mental reflexiva do aluno e orientá-lo na busca pessoal do conhecimento. A pergunta é um instrumento de suma importância para o processo intelectual, já que a utilização desta pelo professor se apresenta como procedimento eficaz para o equilíbrio da relação professor/aluno, possibilitando uma maior interação entre estes através de uma participação mais ativa do aluno (LORENCINI JR, 2000).

A aula expositiva dialogada pode representar uma alternativa para substituir a aula expositiva tradicional, transformando a sala de aula em um ambiente propício à reelaboração e produção de conhecimento. Segundo Lopes (apud VEIGA, 1991), na aula expositiva dialogada o intercâmbio de experiências não se explicita na simples fórmula de perguntas e respostas, acrescentando ainda: “proporciona uma troca de conhecimentos onde o professor e os alunos reaprendem, por intermédio da descoberta coletiva, novas interpretações do saber sistematizado”.

Uma crítica feita por Gaudig à utilização de um ensino baseado em perguntas e apontada por Lorencini Jr (1995) afirma ser um tanto ilógico um ensino em que o professor, que detém o conhecimento sobre o assunto, faz perguntas ao aluno, que desconhece o assunto. Para o autor, seria mais natural o aluno perguntar e o professor responder. No entanto, Aebli (1982), contrapondo-se a Gaudig, defende uma assimilação autônoma do

conhecimento pelo aluno e que as perguntas do professor teriam o papel de desencadear processos mentais para a reelaboração e sistematização de conhecimento, pois estimulariam o pensamento crítico e criativo dos alunos.

Durante o processo de ensino-aprendizagem, cabe ao professor relacionar o assunto abordado em sala de aula com a realidade cotidiana contextualizada de seus alunos e, assim, facilitar o surgimento de um contexto de comunicação comum. Contudo, o professor deve buscar as relações de elaboração, adequação e pertinência que os conhecimentos prévios dos alunos estabelecem frente a um novo conteúdo científico (FARIA, 2008). Para poder estabelecer vínculos entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios, em primeiro lugar é preciso determinar interesses e motivações, para gerar um ambiente em que seja possível que os alunos se abram, façam suas perguntas e comentem o processo (ZABALA, 1998).

Adicionalmente, deve-se destacar que os conhecimentos prévios são os fundamentos cognitivos para a construção de novos significados. Portanto, podemos admitir que diante de um novo conteúdo o aluno elabora uma representação, utilizando os conhecimentos prévios que lhe permitam atribuir a esse conteúdo algum grau de significado (FARIA, 2008).

O modelo didático de formulação de perguntas promove nos alunos uma aprendizagem mais reflexiva e, desse modo, visa tornar os conhecimentos prévios ativados e explícitos para o coletivo da sala de aula. Tal processo reflexivo sobre o próprio conhecimento costuma ser chamado de metacognição. De acordo com Vygotsky (1984), os conceitos cotidianos são extraídos geralmente da busca de regularidades e constantes no comportamento dos objetos, enquanto os conceitos científicos são, na verdade, o produto da reflexão que fazemos sobre nossas idéias a respeito do comportamento dos objetos. A pergunta permite o acesso ao conhecimento científico construído e acumulado pela humanidade. Por envolver operações que exigem consciência e controle deliberado, permite ainda que as crianças se conscientizem dos seus próprios processos mentais (processo metacognitivo) (LORENCINI JR, 2000).

Segundo Vygotsky (1984), a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) encontra-se entre o desenvolvimento efetivo e o desenvolvimento potencial presente nos indivíduos. O desenvolvimento efetivo é aquele em que o aluno consegue executar tarefas de maneira autônoma, sem a ajuda de outros indivíduos ou de mediadores sociais externos. Por outro lado, o desenvolvimento potencial corresponde àquele em que o sujeito seria capaz de executar com a ajuda de outros indivíduos ou de mediadores externos.

O caráter implícito dos conhecimentos prévios dos alunos constitui um dos obstáculos a ser superado pelo professor. Se, por um lado, é recomendável, na medida do possível, que o professor favoreça a atividade do aluno no reconhecimento das insuficiências que sustentam suas idéias, por outro lado, em algumas situações, a intervenção do professor no discurso da aula, com a explicação correta da idéia científica, o que pode parecer pouco construtivista, se faz necessário, já que os alunos têm dificuldades de refletir acerca da construção teórica de suas idéias. Se o meio ambiente não desafiar, exigir e estimular o intelecto do adolescente, os processos de formação dos conceitos poderá se atrasar ou mesmo não se completar (CARRETERO, 1997).

Um aspecto importante do Modelo de Formulação de Perguntas consiste na criação da ZDP na atividade coletiva em sala de aula de construção do discurso reflexivo. O professor ao propor uma “pergunta-problema” estabelece um conteúdo referencial que orienta o início das interações. Os alunos aplicam seus conhecimentos prévios na situação criada, de tal modo que imprimem um sentido concreto a sua definição. Utilizando-se das suas experiências para construção do significado do conteúdo, o aluno aprende como se constrói essa experiência no discurso científico escolar e, portanto, a atividade científica experimental, mesmo que seja verbal como ocorre com o discurso reflexivo exige novas reconstruções da experiência física perceptiva. (LORENCINI JR, 2000).

Ao considerar os conhecimentos prévios dos alunos e os significados já construídos como ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos, o professor vê no ensino uma ajuda para o processo de aprendizagem, mas apenas ajuda, porque o ensino não substitui a atividade mental construtiva do aluno nem ocupa o seu lugar. A fala toma um lugar central na criação e intervenção nas ZDP, porque é o instrumento fundamental por meio do qual os participantes podem comparar e modificar seus esquemas de conhecimento e suas representações sobre aquilo que está sendo ensinado e aprendido (ONRUBIA, 1996)

De acordo com Lorencini Jr. (2000), para que o professor promova junto com os alunos um discurso reflexivo, ou seja, aquele em que os alunos expressam suas próprias idéias por intermédio de comentários e questionamentos acerca da exposição do professor, deve levar em conta na sua argumentação as supostas inconsistências cognitivas presentes nos alunos. Assim, torna-se possível a construção de um discurso com perguntas que exponham as incoerências, conflitos e contradições que os alunos possuem perante suas próprias concepções. Logo, para promover a aprendizagem através do discurso reflexivo o professor deve conceder ao aluno autoridade de julgar suas próprias respostas, promovendo condições de reflexão sobre as perguntas formuladas e ajudando os alunos a dar sentido para

as questões que estão sendo discutidas. Este tipo de postura frente ao ensino permite aos alunos desenvolverem competência e autonomia, ampliando os contextos de compreensão. Ao contrário de simplesmente transmitir informações ou confrontar as idéias dos alunos, proporciona um desenvolvimento de “entendimento compartilhado” com os alunos, através de um processo de negociação. Em geral, as questões do professor no discurso reflexivo são geradas a partir das intervenções dos alunos e elaboradas para provocar neles maior reflexão.

Alguns autores de tendência pedagógica tradicional ressaltam que, dependendo do grau de estruturação do conteúdo da aula, questionamentos não são permitidos, por acabar interferindo na ordenação lógica das idéias do professor. No entanto, reduzir o ensino a níveis superficiais de transmissão de conhecimento, não dando oportunidades de participação e questionamentos por parte dos alunos, evidencia o autoritarismo nas relações de poder dentro da sala de aula, privilegia os conhecimentos prontos e acabados, levando o aluno a mostrar-se passivo e desmotivado para reorganizar os seus conhecimentos (LORENCINI JR, 1995).

As perguntas em sala de aula promovem um aumento da participação dos alunos e estimula a sua atividade mental reflexiva. O professor apresenta uma situação problema do conteúdo a ser ensinado sob a forma de pergunta, a qual origina respostas generalizadas, provocando perguntas cada vez mais restritivas por parte do professor. Os alunos são conduzidos e orientados pelas perguntas do professor a distinguir os erros e conhecimentos prévios, até surgir o conhecimento como produto da conquista pessoal.

Nessa perspectiva, deve-se levar em consideração a importância da construção de um discurso reflexivo, com padrão heterogêneo, em que o feedback para a resposta do aluno seja uma nova pergunta do professor, que garanta a continuidade da interação. A pergunta inicial do professor possibilita diversas respostas ou outras perguntas do aluno, que, por sua vez, podem levar a novas perguntas do professor, em uma construção coletiva do discurso. O ensino e aprendizagem da ciência por descobrimento estão baseados na formulação de perguntas adequadas, estimuladoras e desafiadoras, que orientem o aluno ao uso de processos científicos para promover hábitos de pensar e encontrar respostas (LORENCINI JR, 2000).

O Modelo Didático de Formulação de Perguntas propicia uma nova maneira de promover ensino e aprendizagem, ao levar em consideração os aspectos abaixo:

a) Toma como perspectiva os princípios construtivistas do conhecimento e da aprendizagem como marcos teóricos referenciais com os quais se encontra compatível e ajustado.

b) Admite o currículo como um sistema de elementos flexíveis, dinâmicos e interativos que podem ser modelados pelas reconceptualizações do professor durante o desenvolvimento da prática educativa.

c) Reconhece a heterogeneidade das diferenças individuais e culturais encontradas no âmbito escolar, no qual os processos cognitivos e interativos produzem efeitos diversos de acordo com cada contexto e cada indivíduo.

d) Facilita a integração da pluridimensionalidade do processo de aprendizagem, no que se refere aos aspectos afetivo, interativo e cognitivo.

e) Propicia a organização dos conteúdos científicos em torno de situações problema.

f) Determina uma metodologia de desenvolvimento da aula como um processo de investigação.

g) Proporciona à aula um caráter de evento social comunicativo, no qual o fluxo de informações bidirecional imprime à construção de significados um processo de interação entre os alunos, interação com o professor e interação com os próprios conteúdos científicos da aprendizagem.

h) Promove a autonomia do professor e dos alunos, favorecendo um processo de desenvolvimento pessoal do aluno e profissional do professor, no sentido de tomada de decisões frente às situações educativas: o aluno regulando o seu próprio processo de aprendizagem e o professor reflexionando sobre a sua prática para implementar possíveis mudanças.

As questões ativam os conhecimentos prévios, permitem avaliar as habilidades cognitivas e conferir os significados já atribuídos e construídos. Segundo Miras (1996), a aprendizagem é tanto mais significativa quanto mais relações com sentido o aluno for capaz de estabelecer entre o que já conhece, seus conhecimentos prévios e o novo conteúdo que lhe é apresentado como objeto de aprendizagem.

A utilização desse modelo como ferramenta intelectual gera maior interação entre professor e alunos para atribuição, negociação e compartilhamento de significados dos conteúdos científicos. Produz o chamado discurso reflexivo entre professor e alunos e acarreta efeitos significativos nos processos interativos e cognitivos em sala de aula.

2.2.1 Papel do Professor

Proporcionar uma atividade cognitiva estruturante implica que as interações entre o aluno e o objeto de conhecimento sejam bidirecionais, sendo facilitadas e orientadas pelo professor, que estabelece ações educativas, como é o caso do discurso reflexivo, criando um elo entre o conhecimento científico e o aluno. O professor que pretende promover junto com os alunos um discurso interativo em sala de aula deve levar em conta na sua argumentação as supostas inconsistências cognitivas presentes nos alunos. Essa consideração permite ao professor construir um discurso com perguntas que exponham as incoerências, conflitos e contradições que os alunos possuam, perante as suas próprias concepções (FARIA, 2008). Desta forma, o papel do professor como mediador na aprendizagem e na ajuda da metacognição é de suma importância, já que promove maior elaboração cognitiva dos conceitos científicos por meio das perguntas.

De acordo com Fontana (1993), “frente a um conceito sistematizado desconhecido, a criança busca significá-lo por meio de sua aproximação com outros já conhecidos, já elaborados e internalizados”. Para aprender um conceito é necessária uma intensa atividade mental por parte da criança. Um conceito não é aprendido por meio de um treinamento mecânico, nem tampouco pode ser meramente transmitido pelo professor (o ensino direto é pouco frutífero). A aprendizagem é o resultado da interação entre o que se ensina ao aluno e suas próprias idéias ou conceitos. Assim, o professor deve promover uma flexibilização da sua postura pedagógica no que se refere à diminuição das suas intervenções no discurso, proporcionando maior participação do aluno possibilitando um acompanhamento do processo cognitivo deste.

Outro aspecto a ser considerado é que o uso de perguntas pelo professor pode auxiliá-lo a conduzir o discurso a fim de explorar os pensamentos que os alunos trazem para a sala de aula e que, eventualmente, estão em desacordo com a teoria científica. As respostas consideradas incorretas pelo professor têm igual valor pedagógico como àquelas consideradas corretas. Do ponto de vista da construção, o discurso reflexivo convive com o erro, já que nessa construção o processo mental dos alunos é privilegiado em detrimento do produto como uma resposta considerada correta. (LORENCINI JR, 2000). Tais concepções devem ser examinadas com cuidado. Nesse contexto, o erro cometido pelos alunos que estão resolvendo problemas de certos tipos constitui, para o pesquisador, um meio de diagnosticar o que não foi bem feito na introdução da situação, e representa uma forma de rever a situação apresentada. O erro é permitido e constitui um instrumento de diagnóstico importante para o

pesquisador, todavia ele é considerado somente uma ferramenta para análise das situações (GARNIER et al., 1996).

De acordo com alguns trabalhos da literatura científica européia e norte-americana, esses pensamentos em desacordo com a teoria científica podem ser permitidos, desejáveis ou até mesmo provocados, já que fazem parte do próprio processo de aprendizagem. Bachelard (1983) descreve o desenvolvimento dos conhecimentos científicos em termos de erros corrigidos e de obstáculos vencidos. Dentro dessa epistemologia, o erro tem a função positiva na gênese do conhecimento científico. Constitui-se em um indício para o pesquisador de que uma determinada concepção do aluno está agindo de maneira localizada, dentro de certas situações. A organização da atividade de aprendizagem deverá, então, atuar de maneira a provocar uma evolução dessas concepções.

Nessa perspectiva, o professor tem a função de explorar as idéias do aluno, dar suporte para que eles entendam a natureza do argumento. Desenvolve um sistema de categorização para analisar a narrativa de ensino de forma a explicitar se as intervenções de ensino encorajavam os alunos a explicitar os seus argumentos e se davam suporte para eles entenderem a natureza do argumento, ou seja, se levavam os alunos a estabelecerem relação entre ponto de vista e razões que a justifiquem.

No processo de desenvolvimento da argumentação, a função dialógica tem um papel fundamental, uma vez que nesse processo o aluno tem que expressar o seu ponto de vista e justificá-lo. Daí a importância da análise discursiva em aula que objetiva desenvolver a argumentação dos alunos. Scott (1998), analisando a fala dos professores em ensino de ciências na perspectiva sociocultural de Vygotsky, focalizou as atividades de sala de aula em que o professor guia o discurso do aluno no plano interpsicológico. Scott (1998) categorizou as intervenções pedagógicas em três grandes grupos a partir de dados empíricos e usou como referência os trabalhos de Edwards e Mercer (1987):

- Desenvolvendo o conhecimento científico,
- Dando suporte ao processo de significação dos alunos
- Mantendo a narrativa.

As intervenções pedagógicas das categorias ‘desenvolvendo o conhecimento científico’ e ‘dando suporte ao processo de significação dos alunos’ na aula analisada por Scott (1998) têm um papel diferenciado em relação a outros estudos encontrados na literatura científica.

Santos et al. (2001), por exemplo, realizaram uma análise qualitativa de um estudo de caso que abordava conteúdos a respeito de ciência, religião e magia, em que o

professor planeja um debate para desenvolver a argumentação dos alunos. O estudo apontou que o uso de perguntas que estimulem ao aluno justificar os seus pontos de vista pode auxiliar para que percebam a necessidade de melhorar a sua argumentação. Segundo os autores, a estratégia utilizada pelo professor parece ter contribuído para manter o interesse dos alunos e engajá-los na discussão, porém, a complexidade do assunto parece ter sido um fator que dificultou o desenrolar da aula pelo professor. Já era esperado que os alunos manifestassem dificuldade em compreender a natureza epistemológica da ciência, da religião e da magia, pois não só a complexidade do assunto foi um fator limitante, como também a própria dificuldade do professor em conduzir os debates no sentido de discutir a natureza dos argumentos foi percebida.

Nas aulas convencionais de ciências a fala do professor tem principalmente a função de autoridade para ensinar conceitos científicos. Diferentemente, na aula de Santos et al. (2001), como o objetivo central era a argumentação, a fala do professor tem principalmente a função dialógica de gerar a discussão. Nesta circunstancia verifica-se um padrão de discurso diferenciado, pois não se trata de avaliar a resposta como correta ou errada, mas avaliar a natureza da argumentação.

Boulter e Gilbert (1995) analisa as interações em sala de aula e propõem uma classificação das falas do professor em argumentação "retórica", argumentação "socrática" e argumentação "dialógica". A argumentação "retórica" é a que se baseia na transmissão de conceitos, através da qual o professor procura persuadir tacitamente uma audiência receptiva. Outro tipo de discurso utilizado pelo professor é aquele em que o ouvinte é conduzido por meio de questões dirigidas. O professor reformula suas questões até que obtenha a resposta que espera por parte dos alunos. Esse cenário é denominado de argumentação "socrática". Finalmente, na argumentação denominada de "dialógica", o professor constrói um consenso entre os alunos, de forma que eles mesmos possam criar e discutir as questões relacionadas com suas investigações. A Tabela 1 sintetiza as características dos tipos de argumentação descritas pelos autores.

Tabela 1 – Tipos de argumentação.

TIPOS DE ARGUMENTAÇÃO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS
ARGUMENTAÇÃO "RETÓRICA"	<ul style="list-style-type: none"> • Baseia-se nos processos de transmissão de conhecimentos; • Utiliza ferramentas retóricas tradicionais; • Os alunos são passivos e os conflitos internos são escondidos. • O professor ocupa o papel de transmissor persuasivo do conteúdo.
ARGUMENTAÇÃO "SOCRÁTICA"	<ul style="list-style-type: none"> • Baseia-se na idéia de condução dos alunos à descoberta. • Utiliza os recursos do discurso triádico (IRA-interrogação-resposta-avaliação) com constantes reformulações de questões até que os alunos apresentem a resposta desejada pelo professor. • Os alunos são conduzidos pelo professor e os conflitos internos são escondidos. • O professor ocupa o papel de condutor dos alunos às idéias cientificamente aceitas.
ARGUMENTAÇÃO "DIALÓGICA"	<ul style="list-style-type: none"> • Baseia-se no compartilhamento de idéias entre todos os alunos da classe e destes com o professor; • Utiliza a estratégia de confrontação de idéias para resolução de problemas, a partir da adoção de regras explícitas. • Os alunos participam intensamente do processo de discussão, explicitando suas idéias, conclusões e conflitos internos. • O papel do professor é mediar as concepções dos alunos e os conceitos cientificamente aceitos.

Fonte: Boulter e Gilbert (1995).

A literatura científica em educação se refere ao cognitivo ou habilidades de pensamento e compara pensamento crítico com certos processos mentais ou movimentos processuais que podem ser melhorados na prática. Esta interpretação é problemática, pois processos mentais não são observáveis e podem ser inferidos do fato de alguém realizar uma tarefa que requeria pensar. A caracterização do pensamento crítico em termos descritivos descreve uma ampla gama de modos de ação ou atividades, por exemplo, os passos envolvidos na resolução de problemas ou nos estágios de investigação. Uma série de procedimentos, no entanto, não é suficiente para assegurar o pensamento crítico. Qualquer procedimento pode ser conduzido negligentemente, superficialmente, mecanicamente, em outras palavras, de maneira não crítica.

Contudo, tornar-se hábil no pensamento crítico envolve entre outras coisas, a aquisição de certos tipos de conhecimento como: conhecimento de conceitos (premissa, conclusão e, causa e efeito), conhecimento de princípios metodológicos, conhecimento de critérios para julgamento crítico (BAILIN, 2002).

O pensamento crítico é contextualizado e aplicar esta concepção em educação científica envolve atividades, problemas e questões no currículo de ciências que requeira ou incite o pensamento crítico. Exemplos de desafios críticos em ciências são: comparar teorias rivais, planejar um experimento para avaliar hipóteses, decidir quais conclusões são ou não sancionadas pela evidência de um experimento, gerar explicações alternativas plausíveis para observação, pesar a evidência e avaliar a argumentação relativa aos méritos de uma inovação tecnológica.

Bailin (2002) afirma que é um engano conceituar o pensamento crítico em termos de habilidades ou processos. Uma concepção aceitável de pensamento crítico deve ser explicitamente normativa, focar na união de critérios e padrões que incluem entendimentos, conceitos e hábitos da mente, e também, conhecimento de assuntos periféricos ao tema estudado. Alguns destes critérios que se aplicam na ciência incluem controle de variáveis, confiança nas fontes e validade das conclusões. Conhecimento de conteúdos afins na área pertinente também é um importante determinante da qualidade de pensamento e é assim central à produção de julgamentos razoáveis. Além disso, pode haver algumas estratégias ou heurísticas que, embora não central ao pensamento crítico, podem ser úteis para chegar a julgamentos razoáveis. Finalmente o domínio de outros recursos intelectuais não é suficiente se um indivíduo não tiver um compromisso básico com a investigação para a qual dispõe os recursos e uma atitude questionadora.

A utilização de perguntas em sala de aula tem o objetivo de estimular a capacidade de curiosidade e a capacidade criativa dos alunos; aumentar o interesse e a motivação para conteúdos programados; desenvolver o raciocínio, o senso crítico e a autoconfiança dos alunos; introduzir novos conceitos e manter a atenção dos alunos. Por meio das perguntas é possível encaminhar o aluno no pensamento crítico, sendo este um dos objetivos da educação científica. Porém, muitos esforços para desenvolver o pensamento crítico se apóiam na concepção errada a respeito da natureza do pensamento crítico. Sob esse aspecto, cabe destacar que a educação científica tem como uma de suas metas promover a ciência como investigação e, para isso, o professor deve provocar o levantamento de hipóteses, uso do pensamento crítico e lógico, analisar um argumento para rever o entendimento científico atual, pesar a evidência, e utilizar a lógica para decidir qual explicação e modelos são mais adequados.

2.2.2 Formulação das Perguntas em Sala de Aula

As perguntas possuem valor de ensino quando permite ao aluno focar e esclarecer os processos cognitivos que ainda não tenha aprendido e estabelecer possíveis relações conceituais entre o que já sabe e o que ele ainda pode aprender. Para tal, o professor deve formular a pergunta de maneira clara, utilizando enunciados concisos que expressem uma linguagem compreensível, simples e direta. É importante que o aluno entenda o que se pergunta, mesmo que não saiba a resposta; uma questão mal formulada, com estruturação defeituosa, desorienta o aluno e permite resposta múltiplas. A pergunta deverá conter os dados estritamente necessários para a resposta, enquanto os dados complementares devem ser objeto de perguntas especiais, pois um aspecto particular do assunto poderá ser fragmentado em várias perguntas sucessivas. Na sua estrutura, a pergunta não deverá conter explicitamente a resposta sugerida, evita-se iniciar a pergunta com proposição negativa (SANT'ANNA, 1979 apud LORENCINI, 1995).

Sob esse aspecto, destaca-se a necessidade de que o professor leve em consideração alguns questionamentos próprios antes de fazer as perguntas, como o que deseja ensinar, o que espera conseguir com as perguntas, que tipos de perguntas formular, como responder às dúvidas do aluno e como utilizá-las. As perguntas podem ser planejadas, elaboradas antecipadamente com o intuito de analisar conceitos prévios do aluno, suas necessidades, interesses e conhecimento do curso; ou ainda perguntas não planejadas, aquelas que não estavam previstas pelo professor, e este as utilizam para enriquecer o discurso e fazer novas perguntas. As perguntas classificadas como convergentes, ou seja, que pretendem obter respostas baseadas na memorização e recordação, com conceitos prontos, inibindo a capacidade de pensamento do aluno; ou ainda como perguntas divergentes, consideradas produtivas e abertas, fazem com que o aluno faça mais perguntas, tenha interesse em fazer experimentos com equipamentos científicos, investigação em bibliotecas e outros meios. As perguntas divergentes induzem o aluno a chegar à resposta sobre o que é questionado sem que tenha recebido informação que deveria recordar.

Adicionalmente, o professor deve fazer prevalecer um ambiente favorável numa esfera construtivista para que ocorra o aprendizado do aluno numa convivência cooperativa com os colegas, e haja o respeito às diferentes formas de pensar e o desenvolvimento de autoconfiança para a defesa de pontos de vista diferentes. O aumento das interações discursivas leva a um aumento da cognição e permite ao professor ajustar sua ação pedagógica às necessidades específicas dos alunos (LORENCINI JR, 2000).

O professor deve estimular a participação de todos os alunos, ainda que alguns tenham limitações ou que as respostas possam ser monopolizadas por poucos alunos, mais capazes ou menos inibidos. Caso o aluno não consiga expressar suas idéias, o professor deve ajudar a desenvolver o seu raciocínio formulando questões mais fáceis para guiá-lo para uma resposta. Reformular perguntas, para um maior entendimento por parte do aluno, quando percebe que a questão é por demais complexa, é muitas vezes uma atitude necessária do professor, que deve levar em conta as especificidades de cada aluno (idade, maturidade, situação sócio-econômica) e o grau de dificuldade da própria questão; somente no momento que identifica as necessidades do aluno é que o professor poderá fazer perguntas adequadas ao desenvolvimento cognitivo.

O professor não deve sentir-se satisfeito com respostas incompletas ou confusas; uma resposta incompleta exigirá outras para complementá-la, uma resposta confusa deverá ser superada por outra clara e bem definida. Interrupções de raciocínio do aluno pelo professor que faz uma série de perguntas, não dando tempo suficiente para o aluno responder, é uma atitude a ser evitada.

As perguntas possuem valor de ensino quando permitem ao aluno focar e esclarecer os processos cognitivos que ainda não tenha aprendido e, além disso, permitem estabelecer as possíveis relações conceituais entre o que já sabe e o que ainda se pode aprender. Tais perguntas podem exercer diferentes funções segundo Lorencini Jr (2000), como:

- Estabelecer relações interativas, integrando os diferentes grupos e aumentando a participação dos alunos;
- Desenvolver e manter o clima intelectual, emocional e motivacional;
- Identificar os conhecimentos prévios.
- Estimular o aluno a pensar, a expor seus conceitos prévios, a explicitar suas hipóteses, a argumentar com outros colegas e assim aprender a raciocinar e a construir o seu conhecimento num contexto social.
- Aproximar o seu conceito prévio, por meio de mudanças conceituais, dos conceitos científicos, fazer relação entre estes e seu conhecimento para que possa usá-los em outras situações que exijam formas diferentes de raciocinar.

O professor não deve induzir a resposta. “Não é mesmo?”; Formular a pergunta para todos os alunos; Formular a pergunta antes de escolher um aluno para

responder; Reformular a pergunta caso não obtenha resposta; Fornecer um tempo de espera; Reformular a pergunta de um determinado aluno para todos de sala de aula; Dar oportunidades aos alunos de expressar suas opiniões; Perguntas desafiadoras estimulam os alunos a pensar, ao contrário das perguntas de simples memorização; Perguntas de alto nível cognitivo podem inibir a participação. Segundo Lorencini Jr (2000) certas habilidades são indispensáveis ao professor que pretende utilizar-se do discurso reflexivo em sua sala de aula, como por exemplo:

- a) A de conduzir um debate ou discussões decorrentes da própria situação criada a partir da pergunta formulada;
- b) Conduzir as discussões com certa neutralidade, permitindo aos alunos a oportunidade de pensar as questões por si próprios;
- c) Tornar a pergunta inicial mais restrita através de novas perguntas;
- d) Não induzir o aluno à resposta, deixando de usar na construção de suas perguntas, expressões como: não é mesmo? , não lhe parece?
- e) Auxiliar o aluno a identificar e reconhecer o que foi anteriormente perguntado;
- f) Sugerir analogias que permitam uma melhor compreensão ou fornecer informações complementares para avaliar respostas ou hipóteses;
- g) Promover o desenvolvimento do “entendimento compartilhado”, através de um processo de negociação, ao contrário de simplesmente transmitir informações;
- h) Oportunizar ao aluno vivenciar diferentes tarefas, em que possa ativar suas estratégias de aprendizagem e obter êxito nas atividades propostas.
- i) Formular a pergunta para todos os alunos, democratizando as participações;
- j) Diminuir a exposição unidirecional dos conteúdos e estabelecer um contato interativo constante com o aluno;
- k) Reformular a pergunta caso não obtenha resposta, pensando a possibilidade de falta de clareza no enunciado ou até mesmo a falta de funcionalidade e significação da questão para o aluno;
- l) Auxiliar o aluno, caso necessário, na formulação da resposta, pois é comum a ele nessas situações ter dificuldade em organizar sua fala em torno de seu raciocínio, faltando clareza na exposição da idéia;

m) Sistematizar as diferentes respostas dos alunos durante a aula, registrando as no quadro, para facilitar a identificação dos processos cognitivos construídos durante as interações;

n) Não utilizar a resposta do aluno como uma pergunta, usando expressões orais e/ ou faciais que sugiram que a resposta está errada;

o) Evitar intencionalmente a correção das respostas dos alunos e/ou confirmarem de imediato os acertos de um determinado aluno, sob pena de interromper a construção das interações.

As perguntas dos alunos revelam os processos mentais que eles estão desenvolvendo e dão ao professor evidências de como ampliar os conhecimentos e sanar as dúvidas. O questionamento por parte do aluno em sala de aula é um indicador das dificuldades que ele está enfrentando no desencadeamento do processo mental. A pergunta é o elemento dinamizador desse processo, já que a produção e a reelaboração do conhecimento começam a partir dela, e é através do caminho de busca das respostas que o conhecimento é produzido.

O professor deve utilizar a pergunta formulada por ele e pelo estudante para incentivar a participação de todos e desenvolver nos aprendizes uma atitude científica perante os assuntos tratados. O professor ao incentivar a produção de conhecimento nunca desconsidera uma pergunta em sala de aula, mesmo que ela possa lhe parecer ingênua e inoportuna. No caso de alunos que participam excessivamente, que geralmente formulam perguntas antecipadas ao desenvolvimento do assunto, é possível atendê-los imediatamente se a resposta for breve e não dispersar a atenção dos demais alunos, ou pedir que formulem a questão em momento oportuno, explicando-lhes que a resposta naquele momento poderia gerar algum tipo de confusão.

Quando o aluno fizer uma pergunta ao professor este deve devolvê-la para a sala toda. O professor neste caso deverá dar oportunidade para que todos os alunos expressem suas opiniões e respostas possíveis. As divergências nas respostas para a questão são importantes para que os alunos levem em conta os diferentes pontos de vista e as evidências que as sustentam, e a partir delas elaborarem seu próprio processo mental na busca de soluções.

As perguntas constituem um conjunto seqüencial e articulado que se desenvolve a partir das próprias respostas dos alunos. Desse modo conduz o aluno para o processo de descoberta e produção do conhecimento. O professor poderá ainda, em alguns casos, orientar na sistematização de todos os fatos conhecidos a respeito do assunto sobre o

qual a pergunta foi formulada, numa reelaboração dos dados em seqüência lógica e científica que, por dedução, leve o sujeito a enxergar as conexões e conclusões. O professor deve exigir que os alunos expressem os conceitos e idéias nas perguntas e respostas com clareza e correção. Para tanto, suas intervenções devem estimular os alunos, destacando os aspectos corretos e orientando-os na correção dos erros. Essa atitude leva o aluno a aprender a formular perguntas e responder perguntas.

Formuladas durante as interações decorrentes de sala de aula a pergunta consiste num indicador das necessidades e dificuldades cognitivas no desencadeamento do processo mental. Adicionalmente, segundo Sales (2009), as perguntas provocativas se configuram numa importante ferramenta pedagógica auxiliadora para a aprendizagem no ensino dos procedimentos de medição de uma grandeza física experimental.

2.3 INTERAÇÕES EM SALA DE AULA

Mortimer (2002) apresenta uma ferramenta para análise das interações que ocorrem em sala de aula que distingue aspectos com foco no professor, e se preocupa em classificar suas intenções, a abordagem utilizada, os padrões de interação e os tipos de intervenções pedagógicas que podem ser identificadas.

De acordo com o autor, as intenções do professor podem ser divididas em: engajar os estudantes, intelectual e emocionalmente com assunto estudado; elicitare e explorar as visões e entendimentos dos estudantes sobre idéias e fenômenos específicos; disponibilizar as idéias científicas (incluindo temas conceituais, epistemológicos, tecnológicos e ambientais) no plano social da sala de aula; dar oportunidades aos estudantes de falar e pensar com as novas idéias científicas, em pequenos grupos e por meio de atividades com toda a classe. Ao mesmo tempo, dar suporte aos estudantes para produzirem significados individuais, internalizando essas idéias; prover comentários sobre o desenrolar da ‘estória científica’, de modo a ajudar os estudantes a seguir seu desenvolvimento e a entender suas relações com o currículo de ciências como um todo.

Com relação aos tipos de intervenções do professor podem ser divididas de acordo com o quadro abaixo

Tabela 2 – Intervenções do professor.

Intervenção do professor	Foco	Ação - o professor:
1. Dando forma aos significados	Explorar as idéias dos estudantes	- Introduz um termo novo; parafraseia uma resposta do estudante; mostra a diferença entre dois significados.
2. Selecionando significados	Trabalhar os significados no desenvolvimento da estória científica.	- Considera a resposta do estudante na sua fala; ignora a resposta de um estudante.
3. Marcando significados chaves		- Repete um enunciado; pede aos estudantes que repita um enunciado; estabelece uma seqüência I-R-A com um estudante para confirmar uma idéia; usa um tom de voz particular para realçar certas partes do enunciado.
4. Compartilhando significados	Tornar os significados disponíveis para todos os estudantes da classe	- Repete a idéia de um estudante para toda a classe; pede a um estudante que repita um enunciado para a classe; compartilha resultados dos diferentes grupos com toda a classe; pede aos estudantes que organizem suas idéias ou dados de experimentos para relatarem para toda a classe.
5. Checando o entendimento dos estudantes	Verificar que significados os estudantes estão atribuindo em situações específicas	- Pede a um estudante que explique melhor sua idéia; solicita aos estudantes que escrevam suas explicações; verifica se há consenso da classe sobre determinados significados.
6. Revendo o progresso da estória científica	Recapitular e antecipar significados	- Sintetiza os resultados de um experimento particular; recapitula as atividades de uma aula anterior; revê o progresso no desenvolvimento da estória científica até então.

Fonte: Mortimer (2002).

Outro aspecto da análise fornecida pela ferramenta de Mortimer (2002) caracteriza padrões de interação que emergem na medida em que professor e alunos alternam turnos de fala na sala de aula. Os padrões de abordagem comunicativa mais comum são as tríades I-R-A, na qual o professor inicia o discurso com uma interrogação (I), seguida por uma resposta do aluno (R) e finalizada com uma avaliação do professor (A), mas outros padrões também podem ser observados. Por exemplo, em algumas interações o professor apenas sustenta a elaboração de um enunciado pelo aluno, por meio de intervenções curtas que muitas vezes repetem parte do que o aluno acabou de falar, ou fornecem um feedback para

que o estudante elabore outra vez essa fala. Essas interações geram cadeias de turnos não triádicas do tipo I-R-P-R-P... ou I-RF- R-F... onde P significa uma ação discursiva de permitir o prosseguimento da fala do aluno e F um feedback para que o aluno elabore um pouco melhor a fala.

Para Mortimer, define os tipos de abordagem comunicativa por meio da caracterização do discurso entre professor e alunos ou entre alunos, em termos de duas dimensões: discurso dialógico ou de autoridade; discurso interativo ou não-interativo. Na prática, qualquer interação provavelmente contém aspectos de ambas as funções, dialógica e de autoridade. Essa distinção entre funções dialógicas e de autoridade foi discutida por Wertsch (1991) e usada por Mortimer (1998) para analisar o discurso de uma sala de aula brasileira.

Bakhtin (1981) faz asserções que precedem as referidas abordagens e classifica o discurso em autoritário e internamente persuasivo. O discurso autoritário é aquele cujas declarações pressupostamente fixas, não se modificam quando tomam contato com as novas vozes; já no discurso internamente persuasivo existe uma procura por contra-argumentos permitindo a interação dialógica e a estrutura semântica é aberta em cada novo contexto. Outro aspecto relacionado à dimensão da abordagem comunicativa distingue entre o discurso interativo, aquele que ocorre com a participação de mais de uma pessoa, e o discurso não-interativo, que ocorre com a participação de uma única pessoa.

Quando um professor interage com os estudantes numa sala de aula de ciências, a natureza das intervenções pode ser caracterizada em termos de dois extremos. No primeiro deles, o professor considera o que o estudante tem a dizer do ponto de vista do próprio estudante; mais de uma 'voz' é considerada e há uma inter-animação de idéias. Este primeiro tipo de interação constitui uma abordagem comunicativa dialógica. No segundo extremo, o professor considera o que o estudante tem a dizer apenas do ponto de vista do discurso científico escolar que está sendo construído. Este segundo tipo de interação constitui uma abordagem comunicativa de autoridade, na qual apenas uma 'voz' é ouvida e não há inter-animação de idéias (MORTIMER, 2002).

Não sendo a interação construída apenas pela fala do professor, é preciso também levar em consideração a linguagem utilizada pelos alunos, preocupando-se com o fato de que eles a empreguem corretamente e que principalmente sejam capazes de utilizar palavras do seu vocabulário usual ao se referirem a conceitos e/ou princípios científicos, assim como se utilizem da linguagem escrita com eficiência para demonstrar a compreensão e aprendizagem dos conteúdos (ONRUBIA, 1996).

Para Wertsch (1991), o professor ocupa uma posição de autoridade na sala de aula e tem um papel relevante de guiar o discurso da aula, uma vez que toda ação humana é sócio-culturalmente situada e envolve poder e autoridade. Nesse sentido, o autor define a função unívoca e a função dialógica. Segundo ele, tais funções têm relação com as idéias de Bakhtin sobre a distinção entre discurso de autoridade e discurso internamente persuasivo. O discurso de autoridade tem uma função unívoca, enquanto o discurso internamente persuasivo tem função dialógica.

Como conclusão de seu trabalho, Mortimer (1998) indica que alternância das duas funções parece inerente ao discurso desenvolvido na sala de aula. “Enquanto o discurso internamente persuasivo permite considerar explicações alternativas e versões contraditórias por meio da argumentação e justificação, o discurso de autoridade enfatiza o conhecimento compartilhado já construído”. A alternância das duas funções do discurso nas salas de aula caracteriza o que o autor denomina de ritmo do discurso nas aulas. Estudos de Scott (1998) enfatizam a importância da alternância nas funções do discurso para desenvolver o pensamento conceitual no plano intramental, na qual as intervenções do professor com a função dialógica incentiva os alunos a desenvolverem suas idéias, a explorar e a debater pontos de vista.

Inserida nas considerações precedentes, coloca-se em destaque o enfoque de ensino e aprendizagem através da investigação científica, em razão de acarretar variados benefícios educacionais específicos, tais como: o encorajamento e a iniciativa à imaginação individual (Driver, 1983). Além disso, as atividades de laboratório estimulam a busca pela reflexão para com o pensamento crítico, de modo a iniciar o estudante em julgamentos pessoais para que, com o tempo, possa atuar de maneira autônoma e cognitivamente independente, além de ajudar a promover a capacidade criativa, a gerar mudança de atitudes, conceituais e epistêmicas (LABURÚ, 2003).

A aplicação da abordagem de investigação presume um alicerce teórico pedagógico que dá ênfase e estímulo à linguagem falada e ao papel central que deve ter o professor para que isso aconteça. A elaboração de um procedimento baseado no discurso, para a sala de aula, não somente passa por uma função univocal, que envolveria uma única voz, mas, necessariamente pela ponderação de uma função dialógica, em que o interlocutor levaria em conta as palavras do outro. Como apontam Mortimer e Machado (2000), a alternância entre a função dialógica e unívoca do discurso com a ajuda do professor consiste em um importante mecanismo que permite aos estudantes explicitar os seus significados, clarificá-los e aprimorar as suas elaborações. Na medida em que se estimula os aprendizes a realizar um

esforço para exprimir em palavras os seus pensamentos, dá-se oportunidade para que seus conhecimentos se coordenem, logo, organizem, estruturem e desenvolvam melhor. Do lado do professor, esta dinâmica, em tempo real, torna possível o acompanhamento da perspectiva subjetiva de quem fala e do horizonte conceitual do mesmo, manifestados durante a construção do conhecimento científico.

Nesse contexto, manter um diálogo com os estudantes favorece a produção de novos significados, permite a verificação de forma instantânea do encaminhamento dos pensamentos dos aprendizes, se eles se encontram na direção correta e, quando isso não estiver acontecendo, possibilita que correções sejam feitas através de um processo discursivo mais univocal, mais de autoridade. Contudo, verifica-se o reconhecimento do papel decisivo do professor como um auxiliador do aluno na superação de suas dificuldades momentâneas, de perscrutador “tête a tête” dessas dificuldades e de mediador, nesse sentido, da sua entrada na comunidade nova de discurso, que é o científico (LABURÚ, 2003).

Os estudantes devem expressar os seus próprios pensamentos, comentários e ajuizamentos, em vez de recitar respostas de livros-textos. Os professores e os estudantes individualmente, precisam se engajar numa extensiva série de troca de questionamentos, o que ajuda os primeiros, a articular suas crenças e concepções, e, os segundos, a avaliar de forma imediata as suas praxes. É necessário que haja uma atmosfera de intercâmbio intelectual entre os estudantes, onde cada um deles procure entender o pensamento do outro (VAN ZEE; MISTRELL, 1997).

Sem desconsiderar um processo educacional que dê grande importância ao discurso dialógico, que passe pelo levantamento prévio das idéias dos alunos ou da inexistência das mesmas, que faça os estudantes tomar consciência dos problemas que surgirão na atividade, onde eles possam levantar e discutir criticamente as suas dúvidas, e solucioná-las, pode ser necessário, em alguns momentos, enfatizar a univocidade do processo discursivo, pois, obstáculos de grande monta dificilmente serão ultrapassados e a atividade poderá deixar de cumprir os seus objetivos iniciais, sobretudo se considerarmos as condições de contorno de ensino normalmente existentes nas escolas (LABURÚ, 2003).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 AMOSTRA

O estudo teve como amostra alunos do Ensino Superior da cidade de Londrina - Paraná. A análise foi qualitativa e investigou as respostas de 21 alunos do 1º ano do Ensino Superior. Neste trabalho, o pesquisador é o próprio professor, que guia o discurso em sala de aula. Estes alunos já haviam cursado a disciplina de matemática, na qual estudaram conceitos como probabilidade e estatística.

3.2 PROCEDIMENTO

Para realizar a atividade, os alunos primeiramente responderam individualmente ao questionário escrito proposto pelo professor, que serviu como diagnóstico para melhor avaliar o entendimento destes alunos a respeito do processo de medição antes da aula guiada pelo Modelo de Formulação de Perguntas. A seguir, os alunos realizaram as atividades empíricas, divididos em grupos de 4 a 5 integrantes, seguida de uma discussão mediada pelo professor com base no Modelo de Formulação de Perguntas e finalmente responderam individualmente a um segundo questionário escrito, com a finalidade de identificar qual paradigma estes alunos utilizam quando argumentam ou justificam suas respostas.

3.3 PESQUISA QUALITATIVA

Baseado no Modelo de Formulação de Perguntas, o professor promoveu o debate entre os alunos com questões que exploram a preocupação dos alunos com relação à repetição de medidas.

Nesta pesquisa, foi realizado um tratamento qualitativo dos dados, que é caracterizado, de acordo com Martins (2004), pela análise das ações sociais individuais e grupais, por meio de um exame intensivo dos dados tanto em amplitude como em profundidade. A variedade de material obtido qualitativamente exige do pesquisador uma capacidade integrativa e analítica que, por sua vez, depende do desenvolvimento de uma capacidade criadora e intuitiva.

De acordo com Bogdan e Biklen (1994), a metodologia de pesquisa utilizada neste estudo é de natureza qualitativa, por não envolver uma das características comuns de uma abordagem quantitativa, que é a realização de algum tratamento estatístico para análise dos dados. Na metodologia de pesquisa de natureza qualitativa, procura-se obter os dados a partir das fontes diretas, no contato do estudante com o investigador responsável pela pesquisa. Os dados são recolhidos em forma de palavras ou imagens, transcrições de entrevistas e vídeos (aqui, os dados foram coletados no discurso gravado da sala de aula e por meio das respostas dos estudantes aos questionários escritos). Neste tipo de pesquisa, o investigador interessa-se mais pelo processo do que simplesmente pelo resultado ou produto, ou seja, procura entender como os participantes negociam os significados e como determinadas noções começaram a fazer parte daquilo que consideram ser o senso comum. Interessar-se mais pelo processo significa compreender quais processos mentais são elaborados quando o estudante trata as medidas durante a realização de uma atividade experimental ao coletar, processar e comparar seus dados com o auxílio do professor utilizando o Modelo de Formulação de Perguntas.

Com esta pesquisa, pretende-se avaliar quais avanços dos estudantes nos procedimentos de medição (coleta, processamento e comparação dos dados) foram construídos de acordo com o paradigma de conjunto. A preocupação volta-se para as perguntas e respostas do professor e dos alunos durante o discurso, ao invés de simplesmente voltar-se para os resultados apresentados.

3.4 QUESTIONÁRIOS ESCRITOS

Antes de começar a discussão, os alunos responderam a um questionário que abordava questões a respeito do processo de medição. Este questionário tinha o intuito de verificar se os alunos se encontravam no paradigma pontual ou paradigma de conjunto. Após responderem ao questionário, o professor pediu para os alunos medirem o período do pêndulo. O questionário escrito utilizado constitui-se em um meio de confirmar as inferências realizados na análise do diálogo promovido em aula.

O questionário respondido individualmente antes da discussão guiada pelo professor com base no Modelo de Formulação de Perguntas foi o seguinte:

- 1) Qual será o procedimento adotado para medir o período do pêndulo?
- 2) Quantas medidas você acha necessário realizar? Por quê?

- 3) Existe alguma interferência que pode alterar o resultado dessa medida? Quais?
- 4) Existe algum modo para acabar com problemas que interfiram no resultado da medida?
- 5) É necessário realizar mais medidas? Por quê?
- 6) (Responda esta questão apenas se achar necessário realizar mais medidas) Qual a relação entre as medidas realizadas? Elas expressam um mesmo acontecimento?
- 7) Todas as medidas devem ser consideradas? Por quê?

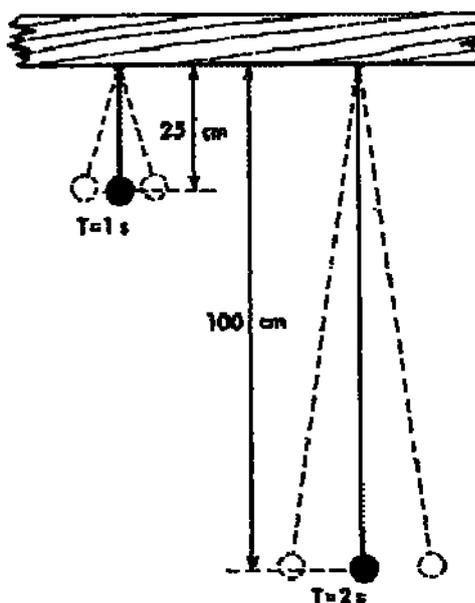
Após a realização da medida do período do pêndulo e da discussão guiada pelo professor, os alunos responderam individualmente ao seguinte questionário.

- 1) Quantas medidas você realizou? Quais os valores encontrados? Qual medida deve ser considerada?
- 2) Você desconsiderou alguma? Quais? Por quê?
- 3) A medida que se distanciou muito da média deve ser considerada?
- 4) Por que as medidas não apresentaram o mesmo valor?
- 5) É possível acabar com estas flutuações? Explique:
- 6) Como fará para expressar todas as medidas de uma única vez?
- 7) Qual a medida do período do pêndulo?

3.5 ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Medida do período do pêndulo.

Figura1 – Representação esquemática do pêndulo simples utilizado para atividade experimental



O professor apresentou aos alunos o objetivo geral da discussão, proposto como um problema para o aluno resolver: analisar a oscilação de um pêndulo simples com precisão.

Em seguida, a discussão se inicia como segue na transcrição em anexo. Comentários entre parênteses se referem às explicações do autor.

Durante a atividade, foram levantadas questões que proporcionaram uma reflexão a respeito dos conceitos de medição de acordo com o paradigma de conjunto. Entrevistas foram realizadas para esclarecer dúvidas quanto às respostas dadas. O registro do debate ocorreu por meio de vídeo-gravação.

As câmeras filmadoras foram instaladas anteriormente ao início da aula e posicionadas de forma a ficar o mais discretas possível, na tentativa de minimizar as interferências nas respostas produzidas pelos alunos, o que ocorreria caso eles soubessem que estavam sendo filmados.

A investigação proposta para os alunos era medir o período do pêndulo com a máxima precisão possível. Para a realização da medida, foram fornecidos cronômetros

digitais com precisão de centésimos de segundo, linhas de diferentes comprimentos para que estes selecionassem o comprimento que desejassem e massas de 20 até 160 gramas para que os alunos pusessem para oscilar. O experimento que dirigiu o discurso em sala de aula foi um pêndulo simples, como mostrado na figura 1.

3.6 PERGUNTAS ESTRUTURANTES DO DISCURSO

O professor explica como será a atividade, pedindo para que os alunos medissem o período do pêndulo, apresentando os materiais que seriam utilizados: peso, cronômetro, corda e um pedestal para pendurar o peso amarrado à massa. Antes da atividade, como alguns alunos estavam com dúvidas de como manipular o cronômetro, o professor pausa a aula para explicar o funcionamento correto do cronômetro.

O professor explica o que é o período do pêndulo e pede para que os alunos soltem a massa que será posta para oscilar com pequenos ângulos de inclinação. Nenhum aluno questiona esta necessidade. A seguir, os estudantes começam a realizar as medidas do período do pendulo em seus grupos. Durante a realização das primeiras medições, eles alunos tiveram dificuldade para manusear o cronômetro, como também o aparato experimental.

Durante a realização das medidas realizadas pelos alunos nos grupos, uma das alunas pergunta para o professor se existe um número de medidas necessárias para se fazer. O professor aproveita a oportunidade e chama atenção de toda a turma para que se possa iniciar a discussão a respeito do que eles mediram devolvendo a pergunta que a aluna fez para a turma inteira.

Para utilizar o Modelo de Formulação de Perguntas, o professor elaborou previamente um conjunto de perguntas para serem utilizadas durante as aulas, na tentativa de antecipar as possíveis respostas e outras possíveis perguntas, para melhor conduzir o discurso. Lorencini Jr (2000) cita três fortes razões para justificar o preparo prévio das questões:

- 1) As perguntas devem ser precisas e não ambíguas na sua formulação para que tenham a intenção que o professor planejou;
- 2) Uma conexão em série de questões é difícil de organizar de improviso numa seqüência lógica;
- 3) O professor estará melhor preparado para negociar com o inesperado se ele possuir um corpo de questões já pensadas e refletidas.

As questões que basearam o discurso dirigido em sala de aula tiveram como base o Modelo de Formulação de Perguntas (Lorencini Jr, 2000). Estas perguntas não são

fixas, pois vão se modificando conforme as intervenções dos alunos, porém servem de base para o desencadeamento do discurso. As questões que seguem abaixo apenas serviram de norte para o discurso promovido pelo professor em sala de aula:

- Qual será o procedimento adotado para medir o período do pêndulo?
- Existe alguma interferência que pode alterar o resultado dessa medida?
- Quais podem ser estas interferências?
- Como evitar a ocorrência de problemas que interfiram no resultado da medida?
- Como fazer para que estes problemas não interfiram no resultado da medida?
- É necessário realizar mais medidas?
- Por que é necessário realizar mais medidas?
- Qual a relação entre as medidas realizadas?
- Elas expressam um mesmo acontecimento?
- Todas as medidas devem ser consideradas?
- A medida que se distanciou muito da média deve ser considerada?
- É apropriado rejeitar resultados anômalos?
- Por que as medidas não apresentaram o mesmo valor?
- Qual medida deve ser considerada?
- Como fará para expressar todas as medidas de uma única vez?

A partir do diálogo promovido em sala foi feita a análise com o objetivo de acompanhar o avanço dos alunos no entendimento adquirido durante uma atividade de medição no laboratório didático, no qual o modelo de formulação de perguntas foi adotado pelo professor como estratégia a superação das dificuldades enfrentadas pelos estudantes no ensino de física. A transcrição da aula foi realizada na forma de turnos de fala, que corresponde a qualquer intervenção do interlocutor na conversação. Alguns turnos foram realçados para identificar os conflitos cognitivos e as zonas de desenvolvimento proximais (ZDPs) criadas, porém a análise observada foi feita na sua totalidade. Pois, turnos de falas isolados não foram suficientes para evidenciar tais conflitos e ZDPs, pois toda a discussão precedente às falas analisadas influenciou as justificativas apresentadas pelos alunos.

No final da aula, o professor pede novamente para os alunos responderem a um segundo questionário escrito. Tal questionário serviu para confirmar as respostas dadas verbalmente, para fornecer dados de alguns alunos que não se expressam oralmente em nenhum momento ou para confirmar os resultados daqueles alunos que se expressam poucas vezes.

As considerações apresentadas são realizadas ao analisar a sala como um todo, procurando evidenciar as construções coletivas. Quando as análises ocorrem indicando o nome do falante, foi levado em consideração que este pode ter se apropriado das falas de outros alunos em comentários anteriores. A opção por esse modo de análise ocorre por entender que as afirmações de um aluno influenciam o pensamento dos demais.

4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise das respostas dadas pelos estudantes permitiram compreender a maneira como eles interpretam os dados em uma investigação científica. Os dados referentes às respostas do primeiro questionário escrito aplicado antes da atividade experimental e as discussões em torno da ação dos estudantes durante o procedimento de coleta dos dados, demonstraram que nenhum dos 21 alunos entendia a possibilidade da presença de incertezas associadas ao processo de medição. Ou seja, esses estudantes possuíam concepções que se encaixavam no Paradigma Pontual, como podemos observar nas respostas transcritas abaixo do questionário que serviu de diagnóstico para a condução das atividades do professor.

(A4, A5, A7, A9, A10, A11, A12, A14, A16, A18, A20) - Em um local fechado acabamos com os problemas que interferem nas medidas.

(A2, A3, A7, A8, A16, A18, A19, A21) - Não é necessário realizar mais que uma medida.

(A1, A4, A5, A6, A9, A12, A13, A15) - É necessário realizar de 2 a 3 medidas para confirmar o resultado.

(A1, A2, A3, A7, A9, A11, A12, A14, A17, A19) - Todas as medidas devem ser consideradas para não haver erro.

(A15) - Fazer a medida em laboratórios especializados. Para comparar os dois resultados mais próximos.

(A1) - É necessário realizar mais medidas para garantir que o número foi o correto.

(A21) - Utilizar pêndulos cujo comprimento do fio seja do mesmo tamanho.

(A14) - Devemos realizar mais medidas para ter uma conclusão sem que ocorra nenhuma interferência.

Alguns alunos, ansiosos para a realização da tarefa, começaram a levantar questionamentos enquanto realizavam a tomada de dados em seus respectivos grupos. Quando a aluna A9 fez uma pergunta a respeito do número de medidas que deveria realizar, o professor aproveitou para devolver a pergunta para a turma inteira. Os alunos estavam bastante à vontade para fazer questionamentos quando os mesmos ocorriam apenas dentro do grupo, mas quando o professor reúne toda a sala para dar início à discussão os alunos demonstram receio ou vergonha de colocar suas opiniões.

No começo da discussão os alunos estavam com receio de participar da discussão. Quando o professor pergunta à sala de uma maneira geral ninguém se prontifica a

responder (turno 1). Mesmo fornecendo um tempo de espera para a resposta a sala manteve o silêncio. Este fato está ligado à rotina de aulas tradicionais que ocorrem em sala de aula, mas quando o professor insiste nas perguntas e dirige as perguntas para alguns alunos, estes, embora receosos, respondem à questão.

Turno1.(Prof.). Existe um número de medidas necessárias para fazer?
(silêncio 5 segundos)

Turno2.(Prof.) A10 e A7 o que vocês acham?

Turno3.(A10.) Bastante. Até obter um número aproximado.

Nos turnos de 1 a 104 a discussão que segue busca direcionar o raciocínio dos alunos durante a fase de coleta de dados que ocorre no processo de medição. Neste ponto da discussão a preocupação do professor estava em encaminhar os alunos para notar a ocorrência de flutuação nas medidas, mesmo que esta se realize com o máximo de cuidado possível. Devido aos erros que ocorrem durante o processo de medição tornar-se necessário realizar repetições nas medidas para que se possa realizar o tratamento estatístico.

As perguntas logo de início ativam os conhecimentos prévios dos alunos. Nota-se que eles possuem (turno 3) uma necessidade de repetir as medidas provocado tanto pela percepção da variação delas quanto pelas questões do primeiro questionário escrito.

Turno1.(Prof.). Existe um numero de medidas necessárias para fazer?
(silêncio)

Turno3.(A10.) Bastante. Até obter um número aproximado.

Turno9.(A9.) Acho que mais de 10.

Turno22.(A12.) ...Medi cinco vezes.

No entanto, apenas isto não é razão para afirmar que os alunos compreendem o paradigma de conjunto. Como podemos perceber, a aluna A9 está preocupada em repetir medidas, mas apenas com a intenção de encontrar um único número para admitir aquele como correto, ou optar pelo valor mais recorrente, conceito presente no paradigma pontual. Este fato pode ser percebido nas seguintes falas:

Turno11.(A9.) Pra ter certeza.

Turno12.(Prof.) Pra ter certeza do que?

Turno13.(A9.) Pra ver se ta dando o mesmo tempo. Teve duas vezes que deu o mesmo valor.

Engajadas no raciocínio desenvolvido durante a discussão, as alunas A8 e A12 procuram argumentos para justificar a ocorrência de valores diferentes, porém o argumento utilizado não é correto, pois, se o pêndulo for solto, implica que não existe força atuando sobre ele, portanto sempre a velocidade inicial será nula. Neste momento o professor apela para a evidência empírica procurando fazer com que o experimento coloque os alunos em conflito cognitivo.

Turno16.(A8.) Mas a força que você solta ele (o pêndulo) é diferente.

Turno17.(Prof.) O pêndulo deve ser solto. Portanto a velocidade inicial é zero. Ou então, para resolver este problema a gente pode medir a segunda oscilação do pêndulo. Turno18.(A12.) Mas daí não vai diminuir o período?

Turno19.(Prof.) Você já fez isso e verificou que diminuiu?

A aluna A18 é a única que apresenta mudanças perceptíveis no comportamento. Estava mais desatenta do que nas aulas anteriores e não participava da discussão, aparentando estar descontente com o tipo de atividade proposta pelo professor.

Turno27.(Prof.) A18, acompanhe a discussão. Vocês eu ainda não ouvi...

Notou-se neste momento que os alunos estavam compenetrados e comprometidos com a atividade, porém um excesso de ansiedade fez com que vários alunos quisessem expor suas idéias ao mesmo tempo, provocando desordem e barulho em demasia, o que faz com que as discussões deixassem de ocorrer com o grupo todo e passassem a acontecer dentro dos grupos. Restabelecida a ordem, deu-se continuidade à discussão com a turma toda, com participação assídua da aluna A9.

Procurando explicar a flutuação observada, a aluna A9 apela para o ângulo de soltura do pêndulo, sem considerar que para ângulos inferiores a 5 graus o período do pêndulo será sempre o mesmo. Mesmo que, em teoria, o ângulo não provoque influência no resultado, o professor pede para que ela solte sempre do mesmo ângulo e verifique o que ocorre.

Turno32.(A9.) Dependendo do ângulo vai ter um período diferente. Se você soltar do mesmo lugar vai dar um número parecido.

Turno33.(Prof.) Se vocês soltarem do mesmo ângulo irá dar o mesmo valor?

Turno34.(A9.) Valores próximos.

Turno35.(Prof.) Mas então não será o mesmo? Eu estou preocupado em realizar a medição com a maior precisão possível. (A insistência do professor nessa fala é para fazer com que os alunos percebam e valorizem mínimas variações do período).

A aluna A11 se mostra empenhada na discussão e começa a apontar seus pensamentos a respeito do que poderia estar provocando as flutuações nas medidas. O professor aproveita sua fala para reelaborar a pergunta e devolver para o restante da turma, com intenção de provocar a participação dos demais alunos. Porém, neste turno, o professor tem uma atitude que deve ser evitada de acordo com a Modelo de Formulação de Perguntas, pois, segundo este modelo o professor não deve concordar de imediato com a resposta do aluno, pois isto pode induzir o raciocínio deles.

Turno36.(A11.) Depende do reflexo de quem tá medindo.

Turno37.(Prof.) Isso. Será que a habilidade de quem está medindo não irá interferir?

No início da atividade, o conflito cognitivo era provocado mais pelo experimento que não fornecia valores iguais para a medida do período do pêndulo do que pelas perguntas iniciais, que foram em sua maioria de verificação, identificação e definição. As questões suscitadas pelo professor que serviram basicamente para levantar os conhecimentos prévios e guiar as perguntas subseqüentes que foram realizadas.

Turno1.(Prof.) Existe um numero de medidas necessárias para fazer?
(silêncio)

Turno4.(Prof.) Cada vez que vocês realizaram as medidas vocês encontraram um valor diferente?

Turno6.(Prof.) Mas deu valores diferentes?

Turno12.(Prof.) Pra ter certeza do que?

Turno14.(Prof.) Exatamente o mesmo número?

Turno19.(Prof.) Você já fez isso e verificou que diminuiu?

Turno21.(Prof.) Você mediu uma única vez e percebeu que diminui?

Turno23.(Prof.) E qual valor você encontrou?

Turno24.(A12.) 1,27; 1,29; 1,24; 1,30; e 1,29.

Alguns turnos serão realçados para identificar os conflitos cognitivos e as zonas de desenvolvimento proximais (ZDPs) criadas, porém a análise deve ser observada na sua totalidade. Turnos de falas isolados não são suficientes para evidenciar tais conflitos e ZDPs, pois toda a discussão precedente às falas analisadas influencia as justificativas apresentadas pelos alunos.

Após notar que os alunos entendiam de maneira errônea a necessidade de repetição de medidas, o professor utiliza-se principalmente do experimento para provocar conflitos cognitivos. Tal conflito ocorre porque os alunos esperavam encontrar o mesmo valor para a medida do período do pêndulo, mas isto não acontece e o professor passa a incitar os alunos para justificar tais diferenças nas medidas.

Devido às observações, outros alunos começam perceber a ocorrência de flutuações nas medidas e apresentam suas razões para explicar problemas que podem causar essas variações. A necessidade de repetição de medidas devido à ocorrência de flutuações e notada pelos alunos nas seguintes falas.

Turno49.(Prof.) Então você acha que tem que fazer mais medições?

Turno50.(A16.) Balança a cabeça e concorda que sim.

Turno51.(A2.) Tem que fazer mais vezes para ter certeza.

Turno52.(Prof.) Então você acha que pode dar valores diferentes? Por quê?

Turno53.(A2.) Por causa do ângulo e do reflexo de quem mede.

Turno55.(A2.) Tem a resistência do ar, vento.

Turno65.(A9.) Dependendo de quem vai estar medindo.

Turno71.(Prof.) Se fosse um sensor eletrônico, para captar um sinal que capte a passagem do pêndulo, assim acabamos completamente com o erro?

Turno72.(A19.) Cem por cento não.

Turno75.(A8.) Pode ter alguém andando do lado, aí interfere.

Turno77.(A4.) Temperatura do ar.

Turno82.(A3.) A variação será pequena.

A zona de desenvolvimento proximal (ZDP) aparece em diversos momentos do discurso. No questionário escrito respondido pelos alunos foram apresentadas apenas razões que se encaixavam no paradigma pontual, portanto os argumentos apresentados de acordo com o paradigma de conjunto são conquistas novas dos alunos. Podemos notar este fato, por exemplo, quando o professor pede para os alunos informarem o período do pêndulo. Os alunos sabiam que o período existe e é um valor único, mas eles não conseguiam encontrar esse valor, e logo começam a levantar hipóteses a respeito do que poderia estar provocando a flutuação nas medidas encontradas. Problemas que podem provocar erros nas medidas foram explicitados pelos alunos nos turnos 36, 39 e 40.

Turno36.(A11.) Depende do reflexo de quem tá medindo.

Turno39.(A12.) O vento.

Turno40.(A9.) A resistência do ar.

Em razão dos problemas levantados, que podem provocar variações nas medidas, diversas tomadas de consciência por parte dos alunos são explicitados em diferentes momentos do discurso: o aluno A2 interrompe e continua a fala do professor demonstrando ansiedade, mas ao mesmo tempo comprometimento com a aula e demonstra perceber que não é possível acabar com os erros experimentais, apenas podemos minimizá-los.

Turno56.(Prof.) Fechando a janela e portas a gente acaba com vento...

Turno57.(A2.) Conseguir minimizar os fatores.

Os alunos A9 e A10 também começam a compreender que não é possível obter uma medida única e sem flutuações.

Turno66.(Prof.) Se cada um mede dá um valor diferente?

Turno67.(A9.) É.

Turno68.(A10.) É.

No turno 70 há uma sugestão da aluna A5 para colocarmos um sensor para acabar com o erro do experimentador, desconsiderando que o próprio instrumento de medida também possui erro de medida, e mesmo com a utilização de um sensor eletrônico o erro não seria zero.

No turno 77 o aluno A4 levanta outro fator que pode influenciar no resultado, que é a temperatura do ar, mas, mesmo apesar de todos os comentários feitos, a aluna A9 oscila entre o paradigma pontual e o paradigma de conjunto e volta demonstrar a necessidade de obter um único valor (turno 79).

Turno78.(Prof.) Será que se fizermos o experimento hoje e repetirmos amanhã irá dar exatamente o mesmo valor?

Turno79.(A9.) Vai dar. Como que vai medir hora no relógio de pêndulo?

O aluno A3 afirma que o correto é encontrar um padrão de medida para informar o que está ocorrendo no experimento (turno 84 e 96). Este aluno passou a apresentar concepções do paradigma de conjunto, utilizando corretamente conceitos estatísticos aprendidos na disciplina de matemática.

Turno84.(A3.) Aí, no caso devemos fazer n medições e adquirir um padrão.

Turno96.(A3.) Haverá sempre uma variação de uma casa decimal. Abaixo do milésimo (de segundo) qualquer coisa pode mudar. Aí pra isso existe a aproximação.

A aluna A1 se convence de que acabar com os erros de um experimento não é possível (turno 85 e 95).

Turno85.(A1.) A maioria dos experimentos não é precisa. Sempre vai ter uma margem de erro. Não tem um sistema perfeito. Por mínima que seja sempre haverá uma margem de erro.

Turno95.(A1.) A gente faz uma aproximação do valor exato.

Para alguns alunos, o discurso promovido foi suficiente para que eles notassem a ocorrência de uma flutuação nas medidas e a impossibilidade de acabar com estes erros. Entretanto, no turno 89 podemos perceber a resistência da aluna A18 dentro das concepções do paradigma pontual.

Turno87.(Prof.) Vocês acham que sempre haverá erro?

Turno88.(Vários.) Sim.

Turno89.(A18.) Não. Porque tem fórmula pra isso. E existe o valor exato.

A18 se mantém firmemente no paradigma pontual até o final das atividades de sala de aula. Nesta situação, os problemas levantados em sala de aula não foram suficientes para provocar insatisfação em suas concepções, fazendo com que ela não aceitasse os problemas levantados durante a discussão.

A aluna A11, neste momento, volta a apresentar concepções do paradigma pontual, quando opta por um único valor como verdadeiro ou correto.

Turno101.(Prof.) Como que a gente faria então para se aproximar o máximo possível, com as condições que a gente tem aqui, do modelo teórico?

Turno102.(A11.) Só uma pessoa medir.

Dos turnos 105 a 220 o professor tem a preocupação em encaminhar o raciocínio dos alunos para o processamento dos dados de acordo com o paradigma de conjunto. Neste ponto da aula, o professor pretendia fazer com que os alunos chegassem ao conceito de média, desprezando medidas que se afastavam excessivamente do valor médio das medidas.

Outra ZDP é criada no momento que os alunos são perguntados a respeito do processamento dos dados, e logo surge uma preocupação em realizar a média das medidas realizadas.

Turno104.(A10.) Se for o mesmo aparelho e a mesma forma de medir. (Mesmo da maneira descrita pelo aluno no turno a medida não estaria livre de erros).

Turno105.(Prof.) Assim, vocês irão medir uma única vez e aquele será o valor correto?

Turno106.(A12.) Não. Devemos fazer uma média dos valores.

A aluna A12 apresenta uma resposta que aparentemente se encaixa no paradigma de conjunto, mas o professor busca fazer outros questionamentos para confirmar se a aluna tinha a idéia de acordo com o paradigma de conjunto a respeito do valor médio.

Turno107.(Prof.) Por que fazer a média?

Turno108.(A12.) Porque será um valor aproximado?

Turno109.(Prof.) Qual medida será o valor aproximado a primeira? Segunda? Terceira?

Turno110.(A12.) Todas as medidas.

Turno111.(Prof.) Valor aproximado do que?

Turno112.(A9.) Do valor que era pra ser.

Turno113.(Prof.) Você está se referindo ao valor teórico previsto? (Neste turno o professor faz um novo questionamento na tentativa de reorganizar o raciocínio da aluna).

Turno114.(A9.) É.

A partir deste instante, o professor pede para que os alunos meçam novamente o período do pêndulo antes de continuar a discussão. Na discussão que segue a partir do turno 115 todos realizam a medida do mesmo pêndulo. Na passagem a seguir o professor encaminha o pensamento dos alunos para que eles percebam a necessidade de levar em consideração todas as medidas realizadas que ficam oscilando em torno de um valor médio

Turno115.(Prof.) Vocês mediram novamente, mediram mais de uma vez porque verificaram ou concordaram a partir da discussão ou a partir do experimento que estava dando valores diferentes.

Turno116.(Prof.) Qual o valor do período do pêndulo que vocês encontram?

Turno117.(A4.) Entre 1,25 e 1,23.

Turno118.(Prof.) Se fosse para informar um único valor, qual seria?

Turno119.(A4.) 1,25.

Turno120.(Prof.) 1,23 não foi você que mediu então está errado?

Turno121.(A4.) É

Turno122.(A8.) Tira a média.

As ZDPs não são criadas pelos alunos ao mesmo tempo. Para alguns alunos (A1, A2, A3, A8, A9, A12, A16) o experimento e as questões foram suficientes para que eles percebessem as inconsistências de suas idéias, no entanto podemos perceber que os alunos A5 e A19 ainda apresentaram razões que se enquadram no paradigma pontual.

Turno127.(Prof.) Mas, se cada hora que vocês medem encontram um valor diferente como vocês irão fazer para informar a medida do período do pêndulo?

Turno128.(A19.) Pra essas condições não tem como.

Turno129.(A5.) Será a primeira medida que você fez. (Aluna continua o discurso mostrando indicações de concepções presentes no paradigma pontual).

Turno130.(Prof.) Você faz uma única medida é esta estará correta?

Turno131.(A5.) Se você fez certinho. (numa crença em desacordo com o paradigma de conjunto de que uma medida cautelosa estará isenta de erros).

Turno132.(Prof.) Se você fizer certinho, com muito cuidado então estará correto?

Turno133.(A5.) Pode ser.

A ZDP não é proporcionada apenas pelo professor, mas também por outros alunos que participam da discussão, como ocorre com os alunos A2, A8 e A5. Uma ZDP estabelecida pelo aluno A2 e pela aluna A8 foi proporcionada pela discussão com A5. Após esta discussão, eles concluem que devem excluir as medidas anômalas, ou seja, desconsiderar aquelas que se distanciaram muito da média.

Turno134.(Prof.) Pode ser a primeira mas pode ser outra então? (sala em silencio 3 segundos).

Turno137.(A5.) É

Turno138.(Prof.) Então todas as medidas são boas?

Turno139.(A5.) É

Turno140.(A2.) Não. A primeira medida deu muita diferença. (Aqui aparecem indicações por desprezo de medidas que se afastam do valor médio).

Turno141.(Prof.) Então se deu muita diferença... (A8 interrompe)

Turno142.(A8.) Aí não é boa.

No Turno 135 e 143 aparecem reclamações dos questionamentos feitos pelo professor, alguns alunos estavam esperando respostas prontas do professor e não queriam mais refletir a respeito do que estava acontecendo. Estes alunos são exemplos de alunos que passaram por um ensino tradicional e estão acostumados a decorar fórmulas e leis.

Turno135.(A9.) Você ta fazendo muita pergunta, professor?

Turno143.(A12, A1.) Professor, cansei de perguntas.

Até o turno 144, os alunos realizavam as medições dentro do grupo que estavam. A partir deste momento, o professor convida todos eles para realizarem a medida de um único pêndulo que estava oscilando no centro da sala.

A8, que também oscila entre o paradigma pontual e paradigma de conjunto, apresenta, neste turno, uma tendência por optar pelo valor recorrente característica presente no paradigma pontual.

Turno146.Prof. Qual é o período do pêndulo?

Turno147.A8. 2,17. Porque deu duas vezes.

O professor aproveita os valores medidos pelos alunos para encaminhá-los para o desprezo de medidas anômalas. Os questionamentos procuram fazer com que os alunos julguem quais medidas devem considerar.

Turno148.(Prof.) Aquele que der duas vezes igual é o período do pêndulo?

Então o que os outros mediram está errado?

Turno149.(A8.) Não.

Turno151.(Vários alunos). 2,29 -2,26 – 2,22 – 2,15 – 2,35 - 1,97.

Turno152.(Prof.) Será que 1,97 é uma boa medida?

A intenção do professor era fazer com que a aluna optasse apenas por medidas próximas, desprezando aquelas que se afastaram excessivamente. Pelo turno 153 podemos notar uma fala que justificaria uma medida anômala. Tal medida poderia aparecer, por exemplo, quando o aluno se descuidasse ao apertar o botão do cronômetro.

Turno153.(A8.) Você fez pressão, professor, eu não trabalho sobre pressão. (o valor de 1,97 foi encontrado pela aluna A8).

Turno154.(A8.) Agora deu 2,11.

Turno155.(A7.) 2,21.

Turno156.(Prof.) Como vocês perceberam, deu várias medidas diferentes. Qual é a medida que vamos informar? (a pergunta feita no turno 156 é para reorganizar o raciocínio dos alunos).

Turno157.(A3.) A média delas.

Turno158.(Prof.) A média das medidas foi o valor que eu medi? (para representar o significado de uma medida de maneira correta devemos expressar o seu valor médio junto com o desvio esperado para mais ou para menos).

Turno159.(A5.) Não.

Turno160.(Prof.) Nós não medimos o valor médio. Medimos?

Turno161.(A5.) Pode ser que alguma media seja igual a algum valor medido.

Turno162.(Prof.) Então eu devo desprezar todas as outras medidas? Elas não tiveram importância nenhuma?

Turno163.(A5.) Tiveram sentido pra média.

Turno164.(A3.) Forneciam um padrão de medida. (o aluno A3 demonstra que está seguro com suas concepções no paradigma de conjunto).

Turno165.(Prof.) Você quer dizer que o padrão é o quanto a medida se afasta da média?

Turno166.(A3.) É.

Turno167.(Prof.) Vamos supor que as medidas foram 2,21 2,29 2,35 assim a média será 2,283. Pra que serviu o 2,35?

Turno168.(A12.) Pra calcular o erro.

Nos turnos 168, 170 172 e 178 aparecem razões que direcionam para o cálculo do desvio padrão. Assim, notamos que alguns alunos estão cada vez mais próximos do paradigma de conjunto.

Turno168.A12. Pra calcular o erro.

Turno169.Prof. Você quer dizer que eu vou ter noção do quanto as medidas estão se afastando da média?

Turno170.A9. Desvio padrão.

Turno171.Prof. O que você quer dizer com desvio padrão?

Turno172.A9. A diferença das medidas pela média.

Turno173.Prof. Para que serve o desvio padrão?

Turno174.A9. Para obter um padrão.

Turno175.Prof. Padrão de que?

Turno176.A9. De medida.

Turno177.Prof. Vamos melhorar. Que medida é essa?

Turno178.A11.O quanto pode errar.

Nos turnos 181 a 198, o professor tem a preocupação em encaminhar o raciocínio dos alunos para desprezar medidas anômalas, ou seja, aquelas medidas que porventura ocorreram com descuido do experimentador e que se afastam excessivamente do valor médio encontrado, além de tentar conduzir os alunos para o tratamento correto destes dados, realizando o cálculo do desvio padrão ou, pelo menos, dar uma noção do quanto as medidas podem se afastar do valor médio.

Esse constituinte do paradigma de conjunto, o desprezo das medidas anômalas, foi levantado pelos alunos A8, A9, A12 e A20, e podem ser notados no encaminhamento do discurso abaixo.

Turno183.Prof. 2,50 é uma boa medida?

Turno184.A20. Não.

Turno185.Prof. 2,27 é uma boa medida?

Turno186.A8. Sim.

Turno187.Prof. O que difere 2,50 de 2,27?

Turno188.A12. A proximidade da média.

Turno189.Prof. E essa proximidade foi baseada em que?

Turno190.A12. Nas outras medidas realizadas.

Turno197.Prof. Para calcular a média eu vou considerar todas as medidas?

Turno198.A9. Você vai considerar as que ficaram mais perto.

Neste momento, o professor apresenta a fórmula para o cálculo do desvio padrão e pede para que cada aluno calcule o desvio encontrado em seu grupo.

Nos turnos que se seguem o professor volta a discutir a necessidade de repetição de medidas, com o intuito de revisar e confirmar as respostas dos alunos para averiguar se eles estavam realmente convictos do paradigma de conjunto ou se continuariam a oscilar entre os paradigmas como ocorreu com A8, A9 e A11 no começo da discussão.

Turno201.(Prof.) Quantas medidas são necessárias? Até quando eu vou medir? (lembramos que não existe um número exato de medidas para realizar, mas quanto mais medidas menor será o desvio).

Turno202.(A9.) Até quando você achar necessário.

Turno203.(Prof.) Mas quanto é o necessário?

Turno204.(A9.) O quanto você quer que esteja próximo (do valor alvo).

Turno205.(Prof.) Quanto mais medidas, mais próximo eu estarei do valor verdadeiro. Eu vou conseguir atingir o valor verdadeiro?

Turno206.(A9.) Vai.

Turno207.(Prof.) Quando?

Turno208.(A9.) Se você tiver sorte.

Turno209.(A12.) Pode chegar, mas não vai saber que é o certo.

Turno210.(Prof.) Vocês precisam me dizer um número. Como que vocês fariam pra dizer isso?

Turno211.(A5.) Quando o desvio for nulo.

Turno212.(Prof.) Alguma vez o desvio será nulo? (sala em silêncio)

Turno213.(Prof.) Isso aconteceria caso eu fizesse infinitas medições.

Turno214.(A9.) Quanto maior o n (número de medidas) menor o desvio.

Turno215.(Prof.) Então quando o erro será zero?

Turno216.(A9.) Quando você fizer infinitas medidas.

Turno217.(Prof.) Eu vou conseguir isso.

Turno218.(A9.) Não

Turno219.(Prof.) Então quando o erro será zero?

Turno220.(A9.) Nunca.

Nesse momento, o professor alterou a massa e pediu para os alunos refazerem as medidas do período do pêndulo. A discussão que segue busca avaliar o

entendimento dos alunos a respeito da comparação de medidas. Para que esta comparação seja feita dentro do paradigma de conjunto, deve-se levar em consideração o valor médio e o desvio que foi encontrado para poder julgar a equivalência entre as medidas.

Turno221.(Prof.) Qual valor vocês encontraram?

Turno222.(A12 2,22) - (A10 2,29) - (A8 2,15) - (A9 2,40) – (A5 2,28)

Turno223.(Prof.) Qual é a média desses valores?

Turno224.(alunos.) 2,268.

Turno225.(Prof.) Então. O que vocês acham que aconteceu com o período do pêndulo?

Turno226.(A3.) Continuou dando valores parecidos.

Turno227.(Prof.) Agora, com esta nova massa, o período do pêndulo aumentou, diminuiu ou não se alterou?

Turno228.(A12.) Parece que não alterou muito.

Turno229.(Prof.) Comparando os valores dos pêndulos com comprimento diferentes das medidas realizadas pelos grupos, o que vocês me dizem?

Turno230.(A12.) Teve alguns pêndulos que deu bastante diferença.

Turno231.(Prof.) Esta diferença estava dentro do desvio encontrado?

Turno232.(A12.) Para pêndulos diferentes não, mas quando mudou a massa estava. (Pêndulos diferentes se referem aos pêndulos de outros grupos com comprimentos diferentes)

Turno233.(Prof.) Então, se mudamos a massa, eu posso afirmar que o período não se altera.

Turno234.(A9.)Isso mesmo.

Após interações ocorridas em sala os alunos A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15 e A16 deram as seguintes respostas ao questionário escrito que se encaixam no Paradigma de Conjunto.

(A1) Números muito afastados devem ser desconsiderados. Medidas que se afastaram muito da média são absurdas e devem ser desconsideradas. Erros são inevitáveis, e não é possível acabar com as flutuações.

(A2) Devemos realizar a média das medidas. Valores muito distantes devem ser desconsiderados. As medidas não apresentam o mesmo valor devido à resistência do ar e à coordenação motora de quem utiliza o cronômetro. Não é possível acabar com os erros.

(A3) As medidas que se afastaram muito da média devem ser desconsideradas. As medidas não apresentam o mesmo valor devido à resistência do ar e do reflexo de quem tá medindo. Não é possível acabar com as flutuações. Sempre vai existir uma variação mesmo que seja muito pequena. Para expressar a medida devemos obter um valor médio e calcular o desvio padrão, assim haverá uma probabilidade do valor medido estar contido no valor calculado.

(A4) As primeiras medidas devem ser desconsideradas, pois saíram muito distantes da média encontrada. É possível minimizar as flutuações, mas não acabar com elas.

(A5) Devemos desconsiderar as medidas que mais se afastam do padrão das demais. Cada medida apresenta uma margem de erro para mais ou para menos. Não, apenas minimizar as flutuações.

(A6) Desconsidere 1,39, pois não era perto da média. Desconsidere uma medida que foi realizada com distração por parte do medidor. O erro sempre existirá. Para informar o valor da medida devemos o erro junto com a média das medidas.

(A7) Não existe nenhum sistema perfeito a ponto de determinar uma medida exata. Devemos tirar a média das medidas. As medidas não apresentam o mesmo valor devido ao reflexo de quem mede.

(A8) As medidas que devem ser consideradas são as que ficaram mais próximas da média. As medidas não apresentam o mesmo valor pois há condições que interferem no processo de medidas. Não é possível acabar com as flutuações sempre haverá margem de erros.

(A9) As medidas que se afastaram muito das medidas analisadas devem ser desconsideradas. As medidas não apresentam o mesmo valor, pois no experimento existem muitos fatores que interferem na medida realizada. Não é possível acabar com as flutuações devido a condições adversas do problema.

(A10) Não é possível acabar com as flutuações, mas elas podem ser minimizadas. A medida que se distanciou da média não deve ser considerada. As medidas não apresentaram o mesmo valor devido a interferência do ar e do reflexo na hora de apertar o botão.

(A11) A medida mais distante das restantes deve ser desconsiderada. As medidas não apresentam o mesmo valor porque influências externas alteram os valores. Não é possível acabar flutuações porque sempre terá fatores que influenciarão o resultado. O que se faz é o cálculo da média e da margem de erro.

(A12) As medidas que se afastam muito do padrão de medida devem ser desconsideradas. As medidas não apresentam os mesmos valores devido ao vento, pressão e outros fatores que interferem no resultado. Não é possível acabar com os resultados, pois sempre haverá fatores que influenciarão de alguma forma. Para expressar a medida devemos fazer a média das medidas e utilizar a estimativa de erro.

(A13) Não é possível acabar com as flutuações porque sempre haverá um errinho, assim você deve fazer a média e calcular o desvio para informar o resultado.

(A14) Você deve desconsiderar as medidas que ficaram muito distante da média. Não é possível acabar com as flutuações. As medidas não apresentam o mesmo valor pois há interferências.

(A15) Não é possível acabar com as flutuações sempre existirá uma margem de erro na prática. As medidas não apresentam o mesmo valor, pois existem muitos fatores que mudam constantemente e que influenciam no valor. As medidas que deram muito longe das analisadas devem ser desconsideradas.

(A16) Para expressar todas as medidas devemos calcular o desvio junto com a média do período do pêndulo. Não é possível acabar com as flutuações, pois as pessoas cometem erros. As medidas que são muito divergentes devem ser desconsideradas.

Mesmo após toda a discussão promovida em sala os estudantes A17, A18, A19, A20 e A21 apresentaram respostas para o questionário escrito classificadas no Paradigma Pontual.

(A20) As medidas não apresentaram o mesmo valor porque utilizamos materiais que não mostravam o valor com exatidão. Os materiais utilizados não eram precisos. Se utilizarmos um ambiente ideal sem corrente de ar e sensor a laser não haverá flutuações.

(A17) É possível acabar com as flutuações se houver um ambiente favorável, ou seja, um ambiente perfeito.

(A18) É possível acabar com as flutuações num sistema perfeito.

(A19) Adotando um sistema eletrônico de precisão acabamos com as flutuações. Não temos a precisão das medidas por falta de equipamento necessário.

(A21) é possível acabar com as flutuações em um ambiente ideal, sem atuação de forças externas e sem interferência do experimentador chegaríamos no valor real.

De acordo com as observações realizadas durante a discussão orientada pelo professor e com as respostas do questionário escrito (anexo 3) foi verificado que do total

dos 21 alunos que participaram do estudo, 16 (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16) terminaram a atividade com tomadas de consciência que se encaixam no Paradigma de Conjunto e 5 estudantes (A17, A18, A19, A20, A21) apresentaram respostas classificadas no Paradigma Pontual.

No discurso promovido em sala de aula percebemos a predominância do discurso internamente persuasivo, já que o professor procura considerar as falas dos alunos, questionando-os com a intenção de mostrá-los as inconsistências de suas falas. Nota-se este discurso, por exemplo, quando o professor encaminha o raciocínio dos alunos para mostrar-lhes que não é possível eliminar os erros completamente (como apresenta a evolução do discurso dos turnos 33 a 96).

O tipo de abordagem comunicativa predominante no presente discurso foi o discurso interativo dialógico, uma vez que professor e alunos formularam perguntas autênticas e consideraram diferentes pontos de vista explorando estas idéias, com cadeias abertas do tipo I-R-P-R-P-R... com a maioria das intervenções do professor foram intencionalmente elaboradas de forma interrogativa para proporcionar a maior participação possível do aluno. Tal discurso fez com que os alunos participassem ativamente da construção de seu conhecimento e articulassem suas idéias com os argumentos colocados pelo professor e por outros alunos junto com a evidência proporcionada pelo experimento.

Durante o decorrer do discurso, o professor mantém a argumentação socrática e dialógica no sentido das argumentações definidas por BOULTER (1995), mas apesar das perguntas proporcionarem o alcance do paradigma de conjunto por boa parte dos alunos, o clima de “democracia” em sala de aula fez com que alguns alunos ficassem oscilando entre o paradigma pontual e o paradigma de conjunto, como percebemos, por exemplo, a aluna A8 que no início apresentava indícios de concordar com o discurso que apontava para o paradigma de conjunto, fato presente nas falas dela que julgava apresentar flutuações nas medidas, e desprezo de medidas anômalas, mas durante o desenrolar da atividade voltou a optar pelo valor recorrente.

CONCLUSÃO

A orientação do professor durante a realização da atividade experimental, guiado pela Modelo de Formulação de Perguntas, permitiu aos alunos compreender as incertezas relacionadas ao processo de medição e a necessidade de cautela durante a realização de atividades experimentais. Assim, demonstrou ser eficiente na condução do raciocínio dos alunos ao Paradigma de Conjunto, que envolve a noção de erros experimentais associados ao processo de medição, mesmo que, inicialmente, os alunos tenham apresentado conceitos que se encaixavam no Paradigma Pontual.

A aula dirigida por meio de perguntas promoveu um clima de descontração e aproximação, o que propiciou uma atmosfera fértil para os alunos, criando espaços a serem explorados pelo professor. O ambiente onde existe um aumento da participação dos alunos se torna mais informal do que em aulas tradicionais, apesar de ocorrer dentro de um espaço considerado formal, o que não significa que os alunos não estavam interessados ou com falta de compromisso com a atividade.

No entanto, alguns aspectos dificultaram a utilização do laboratório didático como ferramenta de ensino no presente estudo. Inicialmente, a maior parte dos estudantes apresentou pouca intimidade com as atividades de laboratório e dúvidas básicas na montagem do arranjo experimental, além de dificuldade na execução de atividades, como a manipulação do cronômetro. Mesmo diante dos limites educacionais, os avanços obtidos no nível de entendimento dos alunos inerentes ao processo de medição permitiram constatar que atividades pedagógicas instrucionais podem auxiliar os alunos a ampliar sua compreensão durante atividades experimentais.

Adicionalmente, outro aspecto relativo à utilização de perguntas por parte do professor em atividades de laboratório refere-se à dificuldade em atender aos inúmeros raciocínios diferentes presentes dos alunos, tendo que priorizar assuntos escolhidos por ele para a continuidade da discussão. Apesar da participação dos alunos representar um aspecto positivo da metodologia adotada, provavelmente o fato dos alunos estarem ansiosos com uma atividade “diferente” somada ao estímulo gerado pelas perguntas do professor, fizeram com que todos quisessem participar ao mesmo tempo, o que ocorreu freqüentemente no transcorrer da aula. Este fato levou os alunos que não foram prontamente atendidos a passarem para pequenas discussões dentro do respectivo grupo que se encontravam. A realização de atividades experimentais com um número ainda mais reduzido de alunos proporcionaria o atendimento a todos os alunos, no entanto, a amostra abrangida no presente estudo representa

a situação da realidade encontrada nas salas de aula no ensino público brasileiro. É provável que, em assuntos mais complexos da ciência, os resultados não sejam os mesmos encontrados em nosso trabalho. Portanto, fica como sugestão para pesquisas futuras, estender o estudo da metodologia aqui desenvolvida em diferentes conteúdos dentro das ciências físicas.

As perguntas em sala de aula deixam a aula mais interessante para o aluno. Porém, em determinado momento, alguns alunos clamam por “autoridade irracional”, esperando por respostas prontas, aceitando o que o professor disser. Para estes alunos seria bastante eficiente a alternância do discurso, ora dialógico ora de autoridade, proposto por Mortimer (2002).

O Modelo de Formulação de Perguntas se mostrou bastante válido, porém uma ressalva é necessária: o encaminhamento didático por meio das perguntas demanda maior tempo e reflexão dos alunos em relação a uma aula tradicional. Tais características podem provocar exaustão em alguns alunos, que passam a preferir respostas de autoridade do professor, ao mesmo tempo em que passam a oscilar entre o Paradigma Pontual e o Paradigma de Conjunto. Nesses casos, algumas intervenções pelo professor por meio de um discurso de autoridade alternando com o discurso dialógico se tornam necessárias, a fim de manter a motivação dos alunos e orientar eventuais falhas em seus raciocínios. Como não existe até hoje uma fórmula única para resolver todos os problemas em sala de aula devido à heterogeneidade da amostra, o professor deve procurar diversificar as estratégias utilizadas e buscar explorar diferentes metodologias para alcançar o maior número de alunos possível.

No presente estudo, alguns alunos ($n= 7$) demonstraram a resistência à metodologia. Provavelmente, tais alunos já estavam acostumados a receber fórmulas prontas, como receitas a serem seguidas e, assim, esperavam uma aula tradicional, onde não teriam que expor seus raciocínios para os demais colegas. Estes alunos, apesar de realizarem as medidas e prestarem atenção na discussão, não se expuseram em momento algum e, contudo, não foi possível estabelecer um diálogo. Desta forma, não se pôde compreender o raciocínio seguido por esses alunos, impossibilitando o professor de realizar intervenções para satisfazer suas eventuais deficiências. Apesar de não participarem da discussão, quando responderam ao questionário escrito, apenas dois dos sete alunos que não expressaram suas idéias permaneceram no Paradigma Pontual.

Embora alguns alunos tenham demonstrado cansaço e até mesmo resistência às perguntas do professor após determinado momento da discussão, no geral, o estímulo à reflexão sobre a atividade experimental através da utilização de perguntas contribuiu de maneira positiva na construção do conceito de medição dos estudantes.

As especificidades referentes à amostra também devem ser consideradas, já que trata-se de estudantes de diferentes condições sociais e econômicas, níveis cognitivos e ritmos de aprendizagem. Estes aspectos, que os diferenciam em suas trajetórias de vida, são abordados com grande propriedade quando se utiliza o Modelo de Formulação de Perguntas, pois ocorre um aumento na integração destes alunos em busca da construção do conhecimento.

Cabe ressaltar que, por meio das perguntas, podemos estimular o pensamento crítico dos alunos para que eles possam decidir quais conclusões são ou não sancionadas pela evidência de um experimento físico, testando a validade do conhecimento que eles geraram. Mantendo esta atitude questionadora, os alunos poderão gerar explicações alternativas plausíveis a partir da observação e evidência do experimento físico, auxiliando a formação dos conceitos de maneira autônoma pelos alunos.

Os questionamentos realizados pelo professor não permitiram evidenciar qual a visão de ciência que os alunos possuíam (modeladores, experimentadores, examinadores e descobridores) e nem verificar como tais visões influenciam o discurso de sala de aula. Portanto, recomendo para pesquisas futuras explorar se a visão de ciência do aluno interfere nas construções conceituais dos alunos e no discurso promovido em sala de aula.

Embora possa parecer que as estratégias de construção do discurso reflexivo sejam procedimentos aplicados em favor dos argumentos do professor, o discurso interativo através de perguntas e respostas reforça o papel de agente ativo do professor na aprendizagem do aluno e este, por sua vez, passa a ser o sujeito de sua própria aprendizagem, caracterizando um processo educativo dinâmico.

O presente estudo fornece indicações para o professor trabalhar em sala de aula com o Modelo de Formulação de Perguntas levantando em consideração suas vantagens e desvantagens, e constitui mais uma importante alternativa para o professor conseguir alcançar o maior número de alunos, conduzindo-os a níveis cognitivos mais elevados.

REFERÊNCIAS

- AEBLI, Hans. **Prática de ensino**. São Paulo: USP, 1982.
- ALLIE, S.; BUFFLER, A.; KAUNDA, L.; CAMPBELL, B.; LUBBEN, F. First year physics students' perceptions of the quality of experimental measurements. **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 4, p. 447-459, 1998.
- ALLIE, S.; BUFFLER, A.; LUBBEN, F.; CAMPBELL, B. **Point and set paradigms in students' handling of experimental measurements; science education: past, present and future**, 2001
- ARRUDA, S. M.; SILVA, M. R.; LABURÚ, C. E. Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2001.
- ARAUJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, 2003.
- BACHELARD, G. **Epistemologia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.
- BAILIN, S. Critical thinking and science education. **Science & Education**, v. 11, p. 361-375, 2002.
- BAKHTIN, M. **The dialogic imagination: four essays**. Austin: University of Texas Press, 1981
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Lisboa: Porto, 1994.
- BOULTER, C. J. ; GILBERT, J. K. Argument and science education. In: COSTELLO, P.J. M.; MITCHELL, S. (Ed.). **Competing and consensual voices: the theory and practice of argument**. Multilingual Matters , cap.6, p. 84 - 98, 1995.
- BUFFLER, A.; LUBBEN, F.; IBRAHIM, B. The relationship between students' views of the nature of science and their views of the nature of scientific measurement. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 9, 2009.
- BUFFLER, A.; ALLIE, S. The development of first year physics student's ideas about measurement in terms of point and set paradigms. **International Journal of Science Education**, v. 23, n. 11, p. 1137-1156, 2001.
- CARRETERO, M. **Construtivismo e educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- CAUZINILLE-MARMECHE, E.; MEHEUT, M.; SÉRÉ, M. G.; WEIL-BARAIS, A. The influence of a priori ideas on the experimental approach. **Science Education**, v. 69, n. 2, p. 201- 211, 1985.
- CERNUSCHI, F. **Errores experimentales**. Buenos Aires: Eudeba, 1975

COELHO, S. M.; SÉRÉ, M.G. Pupils' reasoning and practice during hands-on activities in the measurement phase. **Research in Science and Technological Education**, v. 16, n. 1, p. 70-96, 1998.

DEL PRETTE, Z. A. P. Habilidades sociais do professor em sala de aula: um estudo de caso. **Revista Psicologia: Reflexão e Crítica**. Porto Alegre, v. 11, n. 3, 1998.

DRIVER, R. **The pupil as scientist?**. Milton Keynes: Open University Press, 1983.

EDWARDS, D.; MERCER, N. M. **Common knowledge**: the development of understanding in the classroom. London: Methuen. 1987.

EVANGELINOS, D.; VALASSIADES, O.; PSILLOS, D. Undergraduate students' views about the approximate nature of measurement results. In: KOMOREK, M. et al. (Ed.). **Proceedings of the second international conference of the european science education research association**. Germany, 1999, v.1, p. 208-210.

FARIA, A. S. Z. **A funcionalidade das perguntas na elaboração do conhecimento nas aulas de ciências, governo do Paraná secretaria de estado da educação superintendência da educação programa de desenvolvimento educacional**. (pde caderno pedagógico, 2008). Disponível em: <<http://Www.Diaadiaeducacao.Pr.Gov.Br/Portals/Pde/Arquivos/79-4.Pdf>> Acesso em: 08 nov. 2009

FIGUEIREDO E. **Sistemas de unidades, teoria dos erros, fórmulas dimensionais**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1996, p. 90.

FONTANA, R.A.C. "A elaboração conceitual: a dinâmica das interações na sala de aula". In: SMOLKA A.L.B.; GÓES, M.C. (Org.) **A linguagem e outro no espaço escolar: vygotsky e a construção do conhecimento**. Campinas: Papirus, 1993.

GARNIER, C.; BEDNARZ, N.; ULANOVSKAYA, I. A aprendizagem como atividade coletiva: escolha e organização das atividades segundo as correntes soviéticas e sócio-construtivista. In: **Após Vygotsky e Piaget: perspectivas social e construtivista escolca Russa e ocidental**. Porto Alegre: Artes médicas, 1996.

GEDDIS, A. N. Improving the quality of science classroom discourse on controversial issues. **Science Education**, v. 75, n. 2, p. 169-183, 1991.

GIL-PÉREZ, D. Saber dirigir o trabalho dos alunos. In: CARVALHO, A. M. P.; Gil-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**. São Paulo: Cortez. 2001.

HELENE, O.A.M.; VANIM, V.R. **Tratamento estatístico de dados em física experimental**. São Paulo: Blücher, 1981.

HENNIES, C.E; GUIMARÃES. W.O.N.; ROVERSI, J.A. Erros e desvios de medidas. In: **Problemas experimentais em física**, v.2, Campinas: Ed. Unicamp, 1986.

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. **International Journal of Science Education**, v.14, n.5, p.541-562, 1992.

IBRAHIM, B. B. **The relationship between views of the nature of science and views of the nature of scientific measurement**. Dissertation (Master of Science in Physics) – Faculty of Science at the University of Cape Town, 2005

KANARI, Z.; MILLAR, R. Reasoning from data: how students collect and interpret data in science investigations. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 7, p. 748-769, 2004.

KIPNIS, M.; HOFSTEIN, A. The inquiry laboratory as a source for development of metacognitive skills. **International Journal of Science and Mathematics Education**, 2007

KUHN, D.; BLACK, J.; KESELMAN, A.; KAPLAN, D. The development of cognitive skills to support inquiry learning. **Cognition and Instruction**, v.18, n. 4, p. 495-523, 2000.

KUHN, D. Science as argument: implications for teaching and learning scientific thinking. **Science Education**, v. 77, n. 3, p. 319-337, 1993.

KUHN, T. S. **A tensão essencial**. Lisboa, Portugal, 1989. (Lisboa: biblioteca de filosofia contemporânea edições 70).

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1978.

KUHN, T. S. A função da medida na ciência. In: _____. **Atenção essencial: biblioteca de filosofia contemporânea**, ed. 70, 1977, p. 223-73.

LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala dos professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 2 p. 1-19, 2005.

LABURÚ, C. E. Problemas abertos e seus problemas no laboratório de física: uma alternativa dialética que passa pelo discursivo multivocal e univocal. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 3, p. 231-256, 2003.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M. Reflexões críticas sobre as estratégias instrucionais construtivistas na educação científica. **Revista Brasileira de Ensino Física**, São Paulo, v.24, n. 4, 2002

LIKHACHEV, V.P.; CRUZ, M.T.F.; MESA, J. Quantas medidas são necessárias para o conhecimento de uma grandeza física?. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 4, dez., 2000.

LOPES, A.O. Aula expositiva; superando o tradicional. In: VEIGA, I.P.A. **Técnicas de ensino: por que não?**. Campinas: Papirus, 1991.

LORENCINI JR, Á. O ensino de ciências e a formulação de perguntas e respostas em sala de aula. In: TRIVELATO, S. L. F. **Coletânea escola de verão para professores de prática de ensino de física, química e biologia**. São Paulo: FEUSP, 1994. p. 9-15.

LORENCINI JR, Á. O ensino de ciências e a formulação de perguntas e respostas em sala de aula. In: TRIVELATO, S. L. F. **Coletânea escola de verão para professores de prática de ensino de física, química e biologia**. São Paulo: FEUSP, 1995. p.105-114.

LORENCINI JR, A. **O professor e as perguntas na construção do discurso em sala de aula**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação de São Paulo, São Paulo, 2000.

LUBBEN, F.; MILLAR, R. Children's ideas about the reliability of experimental data. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 8, p. 955-968, 1996.

LUBBEN, f.; CAMPBELL, B.; BUFFLER, A.; Allie, A. The influence of context on judgments of the quality of experimental measurements, proceedings of the 12th annual conference of the southern african association for research in mathematics. **Science and Technology Education**. Durban, 2004.

MARINELLI, F.; PACCA, J. L. A. Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.28, n. 4, São Paulo, 2006.

MARTINS, H. H. T. S. Metodologia qualitativa de pesquisa. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 2, 2004.

MARTINS R. A. Visão operacional de conceitos e medidas físicas. **Revista de Ensino de Física**, v. 4, p. 57-84, 1982.

MIRAS, M. Um ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos: os conhecimentos prévios. In: COLL, C. et al. **O construtivismo na sala de aula**. São Paulo: Ática, 1996. p. 57-77.

MOREIRA, M. A.; AXT, R. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. São Paulo, 1992.

MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. E. **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório**. Porto Alegre: UFRGS, 1983.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino investigações em ensino de ciências**, 2002. v.7.

MORTIMER. E. F.; MACHADO, A.H. Anomalies and conflicts in classroom discourse. **Science Education**, v. 84, p. 429 -444, 2000.

MORTIMER, E.F. Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from theory of matter. **International Journal of Science Education**, v. 1, p. 67-82, 1998.

NEWTON, P.; DRIVER, R.; OSBORNE, J., The place of argumentation in the pedagogy of school science. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 5, p. 553-576, 1999.

ONRUBIA, J. **Ensinar: criar zonas de desenvolvimento proximal e nelas intervir**. São Paulo: Ática, 1996

ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B. Ensino experimental de física na universidade de passo fundo. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16., 2005, Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0637-1.pdf>> Acesso em: 15 abr. 2009.

- RYDER, J.; LEACH, J. Interpreting experimental data: the view of upper secondary school and university science students. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 10, p. 1069-1084, 2000.
- SALES, D. R. **Um estudo da superação conceitual de estudantes do ensino médio sobre procedimentos de medição a partir de um encaminhamento didático baseado em provocações**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F., SCOTT, P. H. A argumentação em discussões sócio-científicas: reflexões a partir de um estudo de caso. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2001
- SÉRÉ, M.G. Towards renewed research questions from the outcomes of the European project labwork in science education. **Science Education**, v. 86, p. 624-44, 2002.
- SIAS, D. B.; TEIXEIRA-RIBEIRO, R. M. Resfriamento de um corpo: a aquisição automática de dados propiciando discussões conceituais no laboratório didático de física no Ensino Médio. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 23, n. 3: p. 360-381, 2006.
- SCOTT, P. H. Teacher talk and meaning making in science classrooms: a Vygotskian analysis and review. **Studies in Science Education**, v. 32, p. 45-80, 1998.
- SOLOMON, J. About argument and discussion. **School Science Review**, v. 80, n. 291, p. 57-62, 1998.
- TIPLER, A. P.; MOSCA, G. **Física em volume único**. 5.ed. São Paulo: LTC, 2006
- VAN ZEE, E. H.; MISTRELL, J. Reflective discourse: developing shared understanding in a physics classroom. **International Journal of Science Education**, v. 19, n. 2, p. 209-228, 1997.
- VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984
- VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.
- VILLANI, A.; CARVALHO, L. O. Representações mentais e experimentos qualitativos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n.1 a 4, 1993.
- VUOLO J. H. **Fundamentos da teoria de erros**. São Paulo: Edgard Blucher ,1992. p .225.
- WELD, L. D. **Theory of errors and least squares**. New York, 1937. p. 190.
- WERTSCH, J.V. **Voices of the mind: a sociocultural approach to mediated action**. Harvester Wheatsheaf, 1991.
- ZABALA,A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ANEXO

ANEXO 1 – Transcrição do discurso de sala de aula

Comentários entre parênteses representam explicações ou complementos das falas dos alunos ou ainda inferências realizadas pelo autor.

Turno1.(Prof.). Existe um numero de medidas necessárias para fazer?
(silêncio)

Turno2.(Prof.) A10 e A7 o que vocês acham?

Turno3.(A10.) Bastante. Até obter um número aproximado.

Turno4.(Prof.) Cada vez que vocês realizaram as medidas vocês encontraram um valor diferente?

Turno5.(A10.) Diferente, mas bem perto. (bem perto se refere a valores de medidas próximos uns dos outros)

Turno6.(Prof.) Mas deu valores diferentes?

Turno7.(A10.) É

Os alunos estavam propensos a informar qualquer valor, realizando medidas sem cuidado nenhum. Nesse momento o professor relembra do objetivo da investigação que era calcular o período do pendulo com a maior precisão possível.

Turno8.(Prof.) Tem um numero ideal de vezes para por o pêndulo para oscilar?

Turno9.(A9.) Acho que mais de 10.

Turno10.(Prof.) Por que?

Turno11.(A9.) Pra ter certeza.

(Embora no turno anterior de sua fala a aluna A9 apresenta um argumento que se encaixa no paradigma de conjunto (turno 9), logo a aluna retorna para um conceito presente no paradigma pontual (turnos 11, e 13).)

Turno12.(Prof.) Pra ter certeza do que?

Turno13.(A9.) Pra ver se ta dando o mesmo tempo. Teve duas vezes que deu o mesmo valor.

(Uma opção pelo valor recorrente é um opção corriqueira que ocorre com a maioria dos alunos que não compreendem o processo de medição de acordo com o paradigma de conjunto.)

Turno14.(Prof.) Exatamente o mesmo número?

Turno15.(A9.) Sim, Exatamente o mesmo número.

(Aqui a aluna A9 apresenta uma concepção de medida exata e sem incertezas)

Turno16.(A8.) Mas a força que você solta ele (o pêndulo) é diferente.

(Se o pêndulo for solto, implica que não existe força atuando sobre o pêndulo, portanto sempre a velocidade inicial será nula).

Turno17.(Prof.) O pêndulo deve ser solto. Portanto a velocidade inicial é zero. Ou então, para resolver este problema a gente pode medir a segunda oscilação do pêndulo. Turno18.(A12.) Mas daí não vai diminuir o período?

(a resistência do ar provoca dissipação de energia, porém para pequenas amplitudes o período do pêndulo não se altera).

Turno19.(Prof.) Você já fez isso e verificou que diminuiu?

Turno20.(A12.) Ah! Eu acho. Porque uma hora ele vai parar e vai diminuir gradualmente.

Turno21.(Prof.) Você mediu uma única vez e percebeu que diminui?

Turno22.(A12.) Não. Medi cinco vezes.

Turno23.(Prof.) E qual valor você encontrou?

Turno24.(A12.) 1,27; 1,29; 1,24; 1,30; e 1,29.

Turno25.(Prof.) E você mediu sempre a primeira oscilação.

Turno26.(Marica.) Sim

Turno27.(Prof.) A18, acompanhe a discussão. Vocês eu ainda não ouvi, o que vocês acham a respeito da oscilação do pêndulo? O correto é fazer uma medida? Duas? Por quê? Mais alguém? Podem ajudar.

(A aluna A18 é a única que apresenta mudanças perceptíveis no comportamento, quando comparada com as aulas anteriores, aparentando estar descontente com o tipo de atividade proposta pelo professor).

Turno28.(todos.) Silencio (5 segundos mais ou menos)

Turno29.(A9.) Eu acho que não precisa fazer tantas. Mas pelo menos o suficiente para ter uma certeza.

Turno30.(Prof.) Porque você não tinha essa certeza?

Nota-se neste momento que os alunos estavam compenetrados e comprometidos com a atividade, porém um excesso de ansiedade faz com que vários alunos queiram colocar suas idéias, provocando barulho em demasia o que faz com que as discussões ocorram dentro de seus grupos. Restabelecida a ordem dá-se continuidade a discussão com a turma toda.

Turno31.(Prof.) Pessoal, silêncio. Acompanhem a discussão.

Turno32.(A9.) Dependendo do ângulo vai ter um período diferente. Se você soltar do mesmo lugar vai dar um número parecido.

(Para ângulos inferiores a 5 graus o período do pêndulo será sempre o mesmo).

Turno33.(Prof.) Se vocês soltarem do mesmo ângulo irá dar o mesmo valor?

Turno34.(A9.) Valores próximos.

Turno35.(Prof.) Mas então não será o mesmo? Eu estou preocupado em realizar a medição com a maior precisão possível.

(A insistência do professor nessa fala é para fazer com que os alunos percebam e valorizem mínimas variações do período).

Turno36.(A11.) Depende do reflexo de quem ta medindo.

(Neste ponto a aluna percebe que ocorrem erros que são caracterizados como erros estatísticos).

Turno37.(Prof.) Isso. Será que a habilidade de quem está medindo não irá interferir?

(Neste turno o professor tem uma atitude que deve ser evitada de acordo com a metodologia de formulação de perguntas, pois, o professor não deve induzir o raciocínio dos alunos pro meio de autoridade).

Turno38.(Prof.) Tem alguns problemas interferindo?

Turno39.(A12.) O vento.

Turno40.(A9.) A resistência do ar.

(A resistência do ar é um tipo de erro sistemático que foi discutido no capítulo 1.5)

Turno41.(Prof.) A resistência do ar não é possível acabar com ela na situação que a gente encontra aqui. Mas será que a resistência do ar irá influenciar quantidades diferentes cada vez que você põe o pêndulo para oscilar?

(No início deste turno o professor começa com uma fala de autoridade apresentando um tipo de erro sistemático que ocorre).

Turno42.(Alunos.) Vários alunos balançam a cabeça concordando.

Turno43.(Prof.) (pergunta para o grupo A18, A2, A16 e A19)Qual o período do pêndulo de vocês?

Turno44.(A18.) A gente deixou ele oscilar 10 vezes e deu 16,47 segundos.

Turno45.(Prof.) Você tem certeza que o período do pêndulo é este?

Turno46.(A18.) Não

Turno47.(Prof.) Porque não?

Turno48.(A18.) Não deu tempo de fazer mais.

Turno49.(Prof.) Então você acha que tem que fazer mais medições?

Turno50.(A16.) Balança a cabeça e concorda que sim.

Turno51.(A2.) Tem que fazer mais vezes para ter certeza.

Turno52.(Prof.) Então você acha que pode dar valores diferentes? Por quê?

Novamente neste momento ocorrem várias discussões entre os alunos com seus respectivos grupos.

Turno53.(A2.) Por causa do ângulo e do reflexo de quem mede.

(Neste argumento o professor nota que o aluno percebeu a ocorrência de flutuações provocadas por erros, mas senti a necessidade de fazer mais perguntas para o mesmo aluno para explorar o verdadeiro entendimento deste aluno a respeito das repetições de medidas).

Turno54.(Prof.) Então tomando cuidado com o ângulo e realizar a medida com atenção irá dar o mesmo valor?

Turno55.(A2.) Tem a resistência do ar, vento.

Turno56.(Prof.) Fechando a janela e portas a gente acaba com vento...

Turno57.(A2.) Consegue minimizar os fatores.

(A2 interrompe e continua a fala do professor demonstrando ansiedade mas ao mesmo tempo comprometimento com a aula).

Turno58.(Prof.) Alguém concorda? Eu consigo zerar esses problemas?

Como eu vou informar a medida com a maior precisão possível?

Turno59.(A12.) No Vácuo.

(Mesmo no vácuo o experimento estaria sujeito a flutuações devido a variações de pressão e temperatura, e também ocorreria erros devido ao próprio instrumento de medida).

Turno60.(Prof.) Então se colocarmos o pêndulo dentro de uma caixa e realizarmos as medições no vácuo eu acabo com todos os problemas?

Turno61.(A12.) Não vai parar de oscilar nunca.

Turno62.(Prof.) Eu não estou preocupado com a dissipação de energia, mas sim em medir o período do pêndulo. Então se eu realizar a medida no vácuo com um cronômetro digital ou analógico, eu consigo medir exatamente qual o período do pêndulo? (espera de 5 segundos e sala em silencio)

Turno63.(Prof.) Assim eu consigo acabar com os erros? (sala em silencio)

Turno64.(Prof.) Vai dar sempre o mesmo valor?

Turno65.(A9.) Dependendo de quem vai estar medindo.

(Se referindo a possibilidade de realizar a medida com extremo cuidado a mesma não conterà erros, concepção esta, presente no paradigma pontual).

Turno66.(Prof.) Se cada um mede dá um valor diferente?

Turno67.(A9.) É.

Turno68.(A10.) É

Turno69.(Prof.) Levando em consideração tudo isso que vocês colocaram, como eu deveria proceder para informar o período do pêndulo? Eu vou construir um relógio com este pêndulo aqui e preciso saber qual é o período do pêndulo. Como que vocês fariam para informar com a maior precisão possível qual é o período desse pêndulo, levando em consideração tudo que vocês disseram?

Turno70.(A5.) Devemos colocar um sensor que capte a passagem do pêndulo, assim não haverá o erro de quem aperta o cronômetro.

(Mesmo com a utilização de um sensor eletrônico o erro não seria zero, pois existe o erro instrumental).

Turno71.(Prof.) Se fosse um sensor eletrônico, para captar um sinal que capte a passagem do pêndulo, assim acabamos completamente com o erro?

Turno72.(A19.) Cem por cento não.

Turno73.(Prof.) Cem por cento não porque?

Turno74.(A19.) Tem a pessoa respirando ali perto.

(Os alunos estão dando indicações de que estão se aproximando do paradigma de conjunto percebendo que não é possível acabar com os erros mas apenas minimiza-los).

Mais uma dispersão, com discussões “intra-grupos”. O professor pede ordem solicita para que cada um fale de cada vez.

Turno75.(A8.) Pode ter alguém andando do lado, aí interfere.

Turno76.(Prof.) Vamos tentar falar um de cada vez.

(Mais uma vez vários alunos começaram a falar ao mesmo tempo).

Turno77.(A4.) Temperatura do ar.

Turno78.(Prof.) Será que se fizermos o experimento hoje e repetirmos amanhã irá dar exatamente o mesmo valor?

Turno79.(A9.) Vai dar. Como que vai medir hora no relógio de pêndulo?

(Variação de temperatura provocaria mudança no comprimento do pêndulo e consequentemente mudança no período do mesmo).

Turno80.(Prof.) Em um relógio de pêndulo o período não oscila? Silêncio

Turno81.(Prof.) Se alterar a temperatura as condições irão continuar as mesmas?

Turno82.(A3.) A variação será pequena. Tanto que antigamente usava-se o pêndulo para calcular a batida do coração (referindo-se a regularidade do pêndulo).

Turno83.(Prof.) Pequena. Mas então você acha que ocorrerão variações?

Turno84.(A3.) Aí, no caso devemos fazer n medições e adquirir um padrão.

(Aqui o aluno começa a construir o conceito de significado de uma medida presente na teoria de erros).

Turno85.(A1.) A maioria dos experimentos não é precisa. Sempre vai ter uma margem de erro. Não tem um sistema perfeito. Por mínima que seja sempre haverá uma margem de erro.

(Neste turno a aluna apresenta uma boa explicação a respeito do conceito de medição que vai ao encontro do paradigma de conjunto).

Turno86.(Prof.) Alguém discorda, se discorda diga o por que? Ou alguém concorda? (Sala em silencio).

Turno87.(Prof.) Vocês acham que sempre haverá erro?

Turno88.(Vários.) Sim.

Turno89.(A18.) Não. Porque tem fórmula pra isso. E existe o valor exato.

Turno90.(A5.) Existe o valor exato, mas ele não é real.

Turno91.(A8.) Foi forçado a alguma coisa.

Turno92.(Prof.) O que você quer dizer com foi forçado?

Turno93.(A8.) Você definiu as condições de temperatura e outras variáveis. Você estipulou o valor que você quer.

Turno94.(Prof.) Então o valor exato existe... (A1 interrompe)

Turno95.(A1.) A gente faz uma aproximação do valor exato.

(Outro exemplo de aluno muito ansioso e comprometido, que estava acompanhando o raciocínio do professor).

Turno96.(A3.) Haverá sempre uma variação de uma casa decimal. Abaixo do milésimo (de segundo) qualquer coisa pode mudar. Aí pra isso existe a aproximação.

Turno97.(Prof.) Esta aproximação é feita baseada em que?

Turno98.(A9.) Num modelo teórico.

Turno99.(Prof.) Então se utilizarmos o modelo teórico iremos encontrar o mesmo valor que estamos medindo agora?

Turno100.(A9.) Não. Porque as condições não são as mesmas que a gente tem aqui.

Turno101.(Prof.) Como que a gente faria então para se aproximar o máximo possível, com as condições que a gente tem aqui, do modelo teórico?

Turno102.(A11.) Só uma pessoa medir.

(Nesta fala a aluna apresenta uma resposta que se encaixa no paradigma pontual, apesar de ter apresentado indicações anteriores que se enquadravam no paradigma de conjunto).

Turno103.(Prof.) Aí a medida daquela pessoa será a certa?

(O professor aproveita a fala da aluna A11 para levantar novos questionamento que não estavam no roteiro, mas que auxiliaria na construção do conceito esperado).

Turno104.(A10.) Se for o mesmo aparelho e a mesma forma de medir.

(Mesmo da maneira descrita pelo aluno no turno anterior a medida não estaria livre de erros).

Turno105.(Prof.) Assim, Vocês irão medir uma única vez e aquele será o valor correto?

Turno106.(A12.) Não. Devemos fazer uma média dos valores.

(A aluna apresenta uma resposta esperada, mas o professor busca fazer outros questionamentos para confirmar se aluna tinha a idéia correta a respeito do valor médio).

Turno107.(Prof.) Porque fazer a média?

Turno108.(A12.) Porque será um valor aproximado?

Turno109.(Prof.) Qual medida será o valor aproximado a primeira? Segunda? Terceira?

Turno110.(A12.) Todas as medidas.

Turno111.(Prof.) Valor aproximado do que?

Turno112.(A9.) Do valor que era pra ser.

Turno113.(Prof.) Você está se referindo ao valor teórico previsto?

(Neste turno o professor faz um novo questionamento na tentativa de reorganizar o raciocínio da aluna).

Turno114.(A9.) É

O professor pede para que os alunos meçam novamente o período do pêndulo antes de continuar a discussão. Na discussão que segue a partir do turno 115 todos realizam a medida do mesmo pêndulo.

Turno115.(Prof.) Vocês mediram novamente, mediram mais de uma vez porque verificaram ou concordaram a partir da discussão ou a partir do experimento que estava dando valores diferentes.

Turno116.(Prof.) Qual o valor do período do pêndulo que vocês encontram?

Turno117.(A4.) Entre 1,25 e 1,23.

Turno118.(Prof.) Se fosse para informar um único valor, qual seria?

Turno119.(A4.) 1,25.

Turno120.(Prof.) 1,23 não foi você que mediu então está errado?

(Nessa passagem o professor tenta encaminhar o pensamento dos alunos para que eles percebam a necessidade de levar em consideração todas as medidas realizadas que ficam oscilando em torno de um valor médio).

Turno121.(A4.) É

Turno122.(A8.) Tira a média.

Turno123.(Prof.) Se eu tirar a média eu vou chegar próximo... (A7 interrompe)

Turno124.(A7.) Do valor real?

(Mais um exemplo que demonstra que o aluno está envolvido com o pensamento do professor).

Turno125.(Prof.) O valor real ao qual você se refere é o valor verdadeiro ou valor alvo?

Turno126.(A7.) É

Turno127.(Prof.) Mas se cada hora que vocês medem encontram um valor diferente como vocês irão fazer para informar a medida do período do pêndulo?

Turno128.(A19.) Pra essas condições não tem como.

Turno129.(A5.) Será a primeira medida que você fez.

(Aluna continua o discurso mostrando indicações de concepções presentes no paradigma pontual).

Turno130.(Prof.) Você faz uma única medida é esta estará correta?

Turno131.(A5.) Se você fez certinho.

(acreditando que uma medida cautelosa estará isenta de erros).

Turno132.(Prof.) Se você fizer certinho, com muito cuidado então estará correto?

Turno133.(A5.) Pode ser.

Turno134.(Prof.) Pode ser a primeira mas pode ser outra então? (sala em silencio 3 segundos)

Turno135.(A9.) Você ta fazendo muita pergunta professor?

Turno136.(Prof.) Mas é assim mesmo nós estamos construindo o conhecimento juntos. Pode ser a primeira medida ou pode ser a segunda ou a terceira é isso que você quis dizer?

Turno137.(A5.) É

(Começa a dar indicações de mudança conceitual).

Turno138.(Prof.) Então todas as medidas são boas?

Turno139.(A5.) É

Turno140.(A2.) Não. A primeira medida deu muita diferença.

(Aqui aparece indicações por desprezo de medidas que se afastam dos valor médio).

Turno141.(Prof.) Então se deu muita diferença... (A8 interrompe)

Turno142.(A8.) Aí não é boa.

Turno143.(A12, A1.) Professor, cansei de perguntas.

(A aluna estava compenetrada na discussão, mas não queria entrar em conflito cognitivo, parecia esperar por as respostas prontas fornecidas por um discurso de autoridade do professor).

Turno144.(Prof.) Então vamos medir o período desse pêndulo aqui. O período não se altera. Se medirmos a primeira oscilação, a segunda ou a terceira irá dar o mesmo período.

(até este turno as discussões estavam ocorrendo com os alunos baseando-se nas experiências realizadas cada um no seu grupo, com pêndulos diferentes e conseqüentemente períodos diferentes, a partir desse ponto o professor convida todos os alunos a medirem o período de um único pêndulo que se encontrava na frente da sala, todas as discussões que seguem se referem a tal pêndulo).

Turno145.(A19, 2,24)- (A8. 2,29) - (A10 2,45) - (A2 2,16) - (A14 2,17) - (A5 2,09) - (A7 2,17)

Turno146.(Prof.) Qual é o período do pêndulo?

Turno147.(A8.) 2,17. Porque deu duas vezes.

(A aluna A8 e uma das que ficam oscilando entre o paradigma pontual e paradigma de conjunto).

Turno148.(Prof.) Aquele que der duas vezes igual é o período do pêndulo? Então o que os outros mediram está errado?

Turno149.(A8.) Não

Turno150.(Prof.) Vamos medir novamente

Turno151.(Vários alunos). 2,29 -2,26 – 2,22 – 2,15 – 2,35 - 1,97.

Turno152.(Prof.) Será que 1,97 é uma boa medida?

(A intenção do professor era fazer com que a aluna optasse apenas por medidas próximas, desprezando aquelas que se afastaram excessivamente, mas a aluna se sentiu coagida interpretando que o professor esperava por um valor recorrente).

Turno153.(A8.) Você fez pressão professor eu não trabalho sobre pressão.

Turno154.(A8.) Agora deu 2,11

Turno155.(A7.) 2,21

Turno156.(Prof.) Como vocês perceberam deu várias medidas diferentes. Qual é a medida que vamos informar?

(a pergunta feita no turno 156 é para reorganizar o raciocínio dos alunos).

Turno157.(A3.) A média delas.

Turno158.(Prof.) A média das medidas foi o valor que eu medi?

(para representar o significado de uma medida de maneira correta devemos expressar o seu valor médio junto com o desvio esperado para mais ou para menos).

Turno159.(A5.) Não.

Turno160.(Prof.) Nós não medimos o valor médio. Medimos?

Turno161.(A5.) Pode ser que alguma media seja igual a algum valor medido.

(os argumentos levantados pelos outros alunos e pelo professor parecem não ter sido suficiente para que a aluna deixasse de procurar a medida perfeita).

Turno162.(Prof.) Então eu devo desprezar todas as outras medidas? Elas não tiveram importância nenhuma?

Turno163.(A5.) Tiveram sentido pra média

Turno164.(A3.) Forneciam um padrão de medida.

(o aluno demonstra indicações de que está seguro com suas concepções no paradigma de conjunto).

Turno165.(Prof.) Você quer dizer que o padrão é o quanto a medida se afasta da média?

Turno166.(A3.) É

Turno167.(Prof.) Vamos supor que as medidas foram 2,21 2,29 2,35 assim a média será 2,283. Pra que serviu o 2,35?

Turno168.(A12.) Pra calcular o erro.

Turno169.(Prof.) Você quer dizer que eu vou ter noção do quanto as medidas estão se afastando da média?

Turno170.(A9.) Desvio padrão

Turno171.(Prof.) O que você quer dizer com desvio padrão?

Turno172.(A9.) A diferença das medidas pela média.

Turno173.(Prof.) Para que serve o desvio padrão?

Turno174.(A9.) Para obter um padrão.

Turno175.(Prof.) Padrão de que?

Turno176.(A9.) De medida.

Turno177.(Prof.) Vamos melhorar. Que medida é essa?

Turno178.(A11.)O quanto pode errar.

(Nesta parte da discussão vários alunos apresentam o conceito de significado da medida de modo satisfatório).

Turno179.(Prof.) Se eu realizar uma medida eu saberei o valor médio e ainda terei uma noção do quanto a medida pode se afastar da média. Então qual será a medida correta para ser informada? (sala em silêncio)

Turno180.(A5.) Você pega a medida que mais próxima da média.

(A aluna parece estar inerte as colocações feitas pela turma e mantém sua fala caracterizada pelo paradigma pontual).

Turno181.(Prof.) As outras medidas não são úteis?

Turno182.(A5.) Você já utilizou na media.

Turno183.(Prof.) 2,50 é uma boa medida?

Turno184.(A20.) Não

Turno185.(Prof.) 2,27 é uma boa medida?

Turno186.(A8.) Sim

(Os alunos A20 e A8 estão fazendo os julgamentos esperados pelo professor a respeito de quais medidas devem desprezar e quais medidas considerar para informar o significado de uma medida).

Turno187.(Prof.) O que difere 2,50 de 2,27?

Turno188.(A12.) A proximidade da média

Turno189.(Prof.) E essa proximidade foi baseada em que?

Turno190.(A12.) Nas outras medidas realizadas.

(A aluna A12 também já está fazendo bons julgamentos para medidas que devem ser abandonadas ou não).

Turno191.(Prof.) Então devemos levar em consideração todas as medidas realizadas?

Turno192.(A12.) Sim

Turno193.(Prof.) Então eu preciso de todas? Certo A15.

(A aluna A15 era bastante tímida e apenas balançou a cabeça concordando. A aluna estava atenta a discussão, mas não fez nenhum comentário mesmo quando o professor pediu explicitamente por uma resposta dela).

Turno194.(Prof. Eu sei que 2,80 não é o período do pêndulo. A média deu 2,28, mas eu posso dizer que as medidas se afastavam quanto desse valor?

Turno195.(A3) 10 centésimos.

(O valor correto para informar o significado da medida é baseado em tratamento estatístico mais cuidadoso e depende dos desvios encontrados e do número de medidas realizadas).

Turno196.(Prof.) Então o valor que eu vou informar é a média mais ou menos 10 centésimos.

Turno197.(Prof.) Para calcular a média eu vou considerar todas as medidas?

Turno198.(A9.) Você vai considerar as que ficaram mais perto.

Turno199.(Prof.) Aquelas que ficaram muito longe eu desconsidero

Neste momento o professor apresenta a fórmula para o cálculo do desvio padrão no quadro.

Turno200.(Prof.) Se você realizar uma medida haverá 68% de probabilidade que o valor esteja compreendido entre o valor médio mais o desvio padrão e o valor médio menos o desvio padrão.

Turno201.(Prof.) Quantas medidas são necessárias? Até quando eu vou medir?

(lembramos que não existe um número exato de medidas para realizar, mas quanto mais medidas menor será o desvio).

Turno202.(A9.) Até quando você achar necessário.

Turno203.(Prof.) Mas quanto é o necessário?

Turno204.(A9.) O quanto você quer que esteja próximo (do valor alvo).

Turno205.(Prof.) Quantos mais medidas mais próximo eu estarei do valor verdadeiro. Eu vou conseguir atingir o valor verdadeiro?

Turno206.(A9.) Vai

Turno207.(Prof.) Quando?

Turno208.(A9.) Se você tiver sorte.

Turno209.(A12.) Pode chegar, mas não vai saber que é o certo.

Turno210.(Prof.) Vocês precisam me dizer um número. Como que vocês fariam pra dizer isso?

Turno211.(A5.) Quando o desvio for nulo.

Turno212.(Prof.) Alguma vez o desvio será nulo? (sala em silêncio)

Turno213.(Prof.) Isso aconteceria caso eu fizesse infinitas medições.

Turno214.(A9.) Quanto maior o n (número de medidas) menor o desvio.

Turno215.(Prof.) Então quando o erro será zero?

Turno216.(A9.) Quando você fizer infinitas medidas.

Turno217.(Prof.) Eu vou conseguir isso.

Turno218.(A9.) Não

Turno219.(Prof.) Então quando o erro será zero?

Turno220.(A9.) Nunca

(A conclusão do discurso de dá com os alunos convencidos de que os erros não podem ser eliminados completamente).

Turno221.(Prof.) Qual valor vocês encontraram?

Turno222.(A12 2,22) - (A10 2,29) - (A8 2,15) - (A9 2,40) - (A5 2,28)

Turno223.(Prof.) Qual é a média desses valores?

Turno224.(alunos.) 2,268.

Turno225.(Prof.) Então. O que vocês acham que aconteceu com o período do pêndulo?

Turno226.(A3.) Continuou dando valores parecidos.

Turno227.(Prof.) Agora com esta nova massa o período do pêndulo aumentou diminuiu ou não se alterou?

Turno228.(A12.) Parece que não alterou muito.

Turno229.(Prof.) Comparando os valores dos pêndulos com comprimento diferentes das medidas realizadas pelos grupos o que vocês me dizem?

Turno230.(A12.) Teve alguns pêndulos que deu bastante diferença.

Turno231.(Prof.) Esta diferença estava dentro do desvio encontrado?

Turno232.(A12.) Para pêndulos diferentes não, mas quando mudou a massa estava. (Pêndulos diferentes se referem aos pêndulos de outros grupos com comprimentos diferentes)

Turno233.(Prof.) Então se mudamos a massa eu posso afirmar que o período não se altera.

Turno234.(A9.)Isso mesmo.

Turno235.(Prof.) Existe erro sempre, eu consigo me aproximar do valor verdadeiro. Nesse caso o erro dependia muito da habilidade do experimentador. Quanto mais eu meço menor será o erro. E as medidas que se afastam muito do valor médio deve ser desconsiderada. Para comparar medidas devemos levar em consideração além do valor médio encontrado qual o desvio padrão que temos para aquela medida.

(o professor encerra a aula fazendo uma recapitulação de vários argumentos que foram colocados pelos alunos, com um discurso de autoridade).