



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DIRCEU REIS DE SALES

**UM ESTUDO DA SUPERAÇÃO CONCEITUAL DE
ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO SOBRE
PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO A PARTIR DE UM
ENCAMINHAMENTO DIDÁTICO BASEADO EM
PROVOCAÇÕES**

Londrina
2009

DIRCEU REIS DE SALES

**UM ESTUDO DA SUPERAÇÃO CONCEITUAL DE
ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO SOBRE
PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO A PARTIR DE UM
ENCAMINHAMENTO DIDÁTICO BASEADO EM
PROVOCAÇÕES**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú

Londrina
2009

Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S163e Sales, Dirceu Reis de.
Um estudo da superação conceitual de estudantes do ensino médio sobre procedimentos de medição a partir de um encaminhamento didático baseado em provocações / Dirceu Reis de Sales. – Londrina, 2009. 143 f. : il.

Orientador: Carlos Eduardo Laburú.
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2009.
Inclui bibliografia.

1. Física – Ensino médio – Teses. 2. Atividade experimental (Ensino médio) – Teses. 3. Procedimentos de medição – Teses. I. Laburú, Carlos Eduardo. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

DIRCEU REIS DE SALES

**UM ESTUDO DA SUPERAÇÃO CONCEITUAL DE ESTUDANTES DO
ENSINO MÉDIO SOBRE PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO A PARTIR
DE UM ENCAMINHAMENTO DIDÁTICO BASEADO EM
PROVOCAÇÕES**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof^a Dr^a Rejane Aurora de Mion
UEPG – Ponta Grossa – PR

Dr. Osmar Henrique Moura da Silva
UEL – Londrina – PR

Londrina, 20 de março de 2009.

A Deus, toda honra e graça. Ao único que me proporciona o direito da vida e o prazer de realizar este estudo com determinação e muita luta.

“O Senhor é meu pastor e nada me faltará”.

À minha esposa, pela paciência, estímulo, contribuição e amor.

À minha sogra, uma senhora de 82 anos que me motivou com seus conselhos sábios e fortalecedores nos momentos de cansaço e desânimo ao longo do caminho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú, por sua orientação, paciência e apoio em todos os momentos.

Às Prof^a Dr^a Rejane Aurora de Mion, pelo cuidado especial ao realizar as sugestões no exame de qualificação.

Aos Professores do Curso de Mestrado em Educação Matemática e Ensino de Ciências, com os quais tive contato durante o curso, pelo convívio, apoio e conhecimentos adquiridos.

Ao Dr. Osmar Henrique Moura da Silva, pelas sugestões que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos colegas do mestrado, pela amizade construída.

Aos colegas do grupo de estudo do Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú, que certamente contribuíram para a elaboração deste trabalho.

**“Se não pudeses medir, seu conhecimento é
deficiente e insatisfatório”**

Lord Kelvin

SALES, Dirceu Reis. **Um estudo da superação conceitual de estudantes do ensino médio sobre procedimentos de medição a partir de um encaminhamento didático baseado em provocações** 2009. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

RESUMO

Em práticas investigativas que tratam das mensurações, pesquisas assinalam que os alunos sem uma instrução formal apresentam representações problemáticas caracterizadas pelo denominado Paradigma Pontual, ao depararem-se na realização de medidas acarretando em problemas às instruções pedagógicas no ensino de Física. Além de se diferenciar de outras investigações pela amostra e metodologia empregada, o presente estudo tem o objetivo de investigar os avanços dos estudantes nos procedimentos de medição em uma atividade experimental a partir de perguntas provocativas. Tais perguntas, pertencentes a uma entrevista semi-estruturada, foram aplicadas em doze estudantes do primeiro ano do ensino médio de uma escola da rede pública da cidade de Londrina-PR. Os participantes foram escolhidos por conveniência e a realização da atividade ocorreu em uma sala isolada na escola. Os resultados da pesquisa indicam que as perguntas provocativas e o experimento selecionado proporcionaram avanços interessantes no trato dos procedimentos de medição em alunos. Na coleta, os estudantes, frente às contradições que ocorrem entre a teoria e a evidência, abandonam suas ideias de senso comum e adotam o critério de levar em consideração o conjunto de dados e alguns dados que são caracterizados por não apresentar valores discrepantes em relação aos dados próximos. No processamento, os estudantes mostram um entendimento da aleatoriedade do resultado ao levar em consideração o intervalo de flutuação de valores, escolhendo como um bom resultado de medida uma média das medições, ao invés de selecionar um único valor. Na comparação, os participantes realizam a comparação de dados entre duas ou mais amostras levando em conta a média aritmética e a qualitativa e não ponto a ponto. Desse modo, alguns estudantes comentam que os resultados de suas medidas são iguais, justificando que sua média é pertencente ao intervalo de valores da amostra colocada em comparação.

Palavras-chave: Ensino médio. Atividade experimental. Procedimentos de medição.

SALES, Dirceu Reis. **A study of the students' of the medium teaching conceptual overcome on mensuration procedures starting from a didactic direction based on provocations**. 2009. 143 f. Thesis (Master's Degree in Teaching of Sciences and Mathematical Education) – State University of Londrina, Londrina, 2009.

ABSTRACT

In investigative practices that they are about the mensuration, researches mark that the students without a formal instruction present problematic representations characterized by the denominated Punctual Paradigm to the they be run across in the accomplishment of measures carting in problems to the pedagogic instructions in Physics teaching. Besides differing of another investigations for the sample and methodology maid, the present study has the objective of investigating the students' progresses in the mensuration procedures in an experimental activity starting from provocative questions. Such questions, belonging to a semi-structured interview, were applied in twelve students of the first year of the medium teaching of a school of the public net of the city of Londrina-PR. The participants were chosen for convenience and the accomplishment of the activity happened in a room isolated in the school. The results of the research indicate that the provocative questions and the selected experiment provided interesting progresses in the treatment of the mensuration procedures in students. In the collection, the students front to the contradictions that happen between the theory and the evidence, they abandon its ideas of common sense and they adopt the approach of taking in consideration the group of data and some data that are characterized by not presenting differing values in relation to the close data. In the processing, the students show an understanding of the aleatory of the result when taking in consideration the interval of flotation of values, choosing as a good measure result an average of the mensurations, instead of selecting an only value. In the comparison, the participants accomplish the comparison of data between two or more samples taking into account the arithmetic average and the qualitative and non point to point. Gave way, some students comment that the results of its measures are the same justifying that its average is belonging to the interval of values of the sample placed in comparison.

Key word: Medium teaching. Experimental activity. Procedures in mensuration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Experimento de lançamento para a determinação do alcance d de uma bola que é solta num plano inclinado a uma altura h	49
Figura 2 – Distribuição de dados utilizados para realizar o procedimento experimental relativo à parte da comparação entre as amostras.....	52
Figura 3 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 1	57
Figura 4 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 2	61
Figura 5 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 3	64
Figura 6 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 4	69
Figura 7 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 5	73
Figura 8 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 6	77
Figura 9 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 7	81
Figura 10 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 8	86
Figura 11 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 9	90
Figura 12 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 10	94
Figura 13 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 11	98
Figura 14 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 12	103

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 MEDIÇÃO NA CIÊNCIA	17
1.1 A IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES PRÁTICAS EXPERIMENTAIS.....	17
1.2 A FUNÇÃO DA MEDIÇÃO NAS CIÊNCIAS FÍSICAS	20
1.3 MEDIDA E MEDIÇÃO.....	23
1.4 GRANDEZAS FÍSICAS NA CIÊNCIA.....	24
1.5 ERROS EXPERIMENTAIS	25
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	33
2.1 PESQUISAS EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	33
2.2 FORMULAÇÃO DE PERGUNTAS	40
2.3 PROBLEMA DA PESQUISA.....	44
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	46
3.1 AMOSTRA, CONSTITUIÇÃO E REGISTROS DOS DADOS.....	47
3.2 A ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	48
3.3 A ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA.....	50
3.3.1 Perguntas Utilizadas nas Entrevistas	52
3.4 MÉTODOS E ASPECTOS PARA AS ANÁLISES	55
4 ANÁLISE DOS DADOS	57
4.1 ESTUDANTE 1	57
4.2 ESTUDANTE 2	61
4.3 ESTUDANTE 3	64
4.4 ESTUDANTE 4	69
4.5 ESTUDANTE 5	73
4.6 ESTUDANTE 6	77
4.7 ESTUDANTE 7	81
4.8 ESTUDANTE 8	86
4.9 ESTUDANTE 9	90
4.10 ESTUDANTE 10	92

4.11 ESTUDANTE 11	94
4.12 ESTUDANTE 12	98
4.13 DISCUSSÃO GERAL DOS DADOS.....	103
CONCLUSÃO	106
REFERÊNCIAS	116
ANEXO	123
ANEXO A – Dados Brutos das Entrevistas	124

INTRODUÇÃO

Entre professores de ciências, é senso comum que as atividades experimentais geralmente carreguem grande expectativa de motivação para os alunos, auxiliando-os em um entendimento do conteúdo abordado em sala de aula. Ademais, (WHITE, 1996 apud LABURÚ, 2006) afirma que eventos vividos e raros não são esquecidos. Desse modo, vê-se a necessidade de o professor não deixar de lado a oportunidade de experimentar, juntamente com seus estudantes em sala de aula, pois a capacidade de pensar o meio como um contexto povoado de inúmeros avanços tecnológicos direciona-se ao conhecimento científico. Além disso, a manipulação de materiais concretos propicia significado aos conteúdos teóricos que fazem parte da Física e contribui para que os alunos reconstruam o conhecimento científico.

Atividades experimentais são fundamentais em ciências pois elas conduzem à interpretação de resultados que corrobora hipóteses, cujas conseqüências podem estar frequentemente longe do óbvio. Em termos quantitativos, a obtenção dos resultados dessas atividades se dá por meio de um processo conhecido como medição, resultados cuja interpretação está atrelada a um conceito de evidência, que permite ao sujeito julgar a qualidade daquilo que é encontrado e saber como proceder para eliminar erros.

No ensino de ciências, as atividades experimentais permitem que o aprendiz faça determinados usos dos processos e métodos da Ciência, com possibilidades de ampliar o seu conhecimento sobre a mesma (HODSON, 1992). Kuhn et al., (2000) caracterizam a atividade investigativa, numa experiência, como a forma pela qual o estudante, individual ou coletivamente, retrata certos fenômenos com a finalidade de realizar inferências e de propor conclusões. Assim, na sensação de que as atividades experimentais fazem parte de um processo da investigação científica, pode-se dizer que elas se destacam como importantes tanto no processo educacional dos conceitos científicos como na influência do entendimento sobre Ciência.

De acordo com Buffler et al., (2001, p. 1137) e Gomes et al., (2008), as metas no ensino de ciências podem ser divididas em duas categorias que abordam, de um lado, o conhecimento do tipo declarativo e, de outro, o conhecimento do tipo processual. Baseado nessas definições, enquanto o processo educacional almeja melhorar o conhecimento declarativo dos estudantes, conhecimento relacionado aos conceitos científicos, entendimentos sobre fenômenos, relações entre grandezas físicas e teorias, é também importante elevar as suas compreensões do conhecimento tipo processual. Tal conhecimento

está relacionado ao ‘fazer ciência’, isto é, com os procedimentos que suportam a atividade investigativa do trabalho experimental no laboratório, conhecimento esse que conduz o planejamento das investigações experimentais cujos dados processados são usados para apoiar as conclusões. Conforme Buffler et al., (2001), o conhecimento processual carrega um conceito de evidência que, além de permitir julgar a qualidade dos resultados experimentais, em última instância, conduz a reivindicações sobre se os resultados constituem ou não um conhecimento válido.

No atual ensino das ciências da natureza, é praticamente consensual que se deveriam prover os estudantes, em um nível mais adequado, com considerações científicas acerca do mundo natural e tecnológico, sem que sejam esquecidas as consequências cada vez mais importantes de ordem ambiental e social decorrentes daquele último. Conhecer os conteúdos dessas ciências envolve a questão de como os conceitos adquirem seus significados e suporte empírico. A formação das quantidades, por meio de experimentos quantitativos, não é frequentemente vista como parte da compreensão conceitual, nem ao menos é tratada como uma parte não problemática desta (MÄNTYLÄ; KOPONEN, 2007).

Já no laboratório, uma preocupação do processo educacional no ensino de Física referente ao conhecimento processual volta-se, portanto, à situação de como um estudante atua nos procedimentos de medição, tendo em conta que aquilo encontrado e compreendido por ele precisa passar do domínio pessoal para o reino do conhecimento compartilhado, em que a qualidade, a confiabilidade e a validade do resultado consolidado devem ser comunicadas. O que permite estabelecer comparações com outras medidas, ou distribuições de dados encontrados, ou mesmo com uma lei/teoria.

A realização de medidas e a destreza em usar e interpretar dados como evidência para suportar uma conclusão, se confrontadas com outros domínios de conteúdo, mereceram a atenção de poucos pesquisadores em educação científica até meados dos anos 90 do século passado. Desde então, a denominada parte procedimental dos experimentos quantitativos, que reúne a coleta, o processamento e a comparação de dados necessários para justificar argumentos provocados por padrões dos resultados experimentais ou, conforme Millar (1987), direcionados por imposição teórica, mostra-se, tanto quanto os conceitos de Física, de grande dificuldade para os alunos adolescentes e universitários iniciantes (CAUZINILLE-MARMÉCHE et al., 1985; KIRSCHNER, 1992; LUBBEN ; MILLAR, 1996; ALLIE et al., 1998; BUFFLER et al., 2001; JOURNEAUX ; SÉRE, 1994; KANARI ; MILLAR, 2004, p. 749). Ao retratarem a questão da medição no ambiente escolar, essas pesquisas divulgaram que os estudantes carregam representações problemáticas sobre

medição, ou seja, mantém ideias de que um resultado de medida seja concebido sem nenhuma incerteza durante sua obtenção em um procedimento experimental. Assim sendo, em momentos de instrução, as orientações pedagógicas são prejudicadas, pois tais representações são enfrentadas com dificuldades na razão de englobarem compreensões dos estudantes que se opõem às científicas (LABURÚ, 2003; RYDER ; LEACH, 2000, p. 1070). Isto justifica o destaque de Osborne (apud ALLIE et al., 1998) para a necessidade de se focar mais fortemente o entendimento nos procedimentos relativos às medições em atividades experimentais na educação científica.

As investigações em ensino de ciências que retratam a medição têm mostrado que os alunos sem nenhum encaminhamento didático de ensino, ao interpretar dados, apresentam ideias de medidas e/ou medições caracterizadas pelo denominado Paradigma Pontual (BUFFLER et al., 2001; LUBBEN ; MILLAR, 1996), que engloba as concepções de senso comum nesse caso. A maioria das pesquisas mostra que os estudantes jovens e velhos, em geral, em mensurações, mantêm ideias de que o valor da medida de uma grandeza física seja um resultado expresso sem uma incerteza. Em outras palavras, os alunos nem sequer imaginam que existem erros experimentais que são inerentes em qualquer procedimento de medição durante a obtenção de um bom resultado de medida, característica pertencente ao Paradigma Pontual. Desse modo, achamos relevante apresentarmos para o meio científico pesquisas que busquem auxiliar o processo educacional em relação ao ensino e aprendizagem de Física, resgatando a importância das atividades experimentais quantitativas.

Então, o presente estudo procurou realizar uma discussão no trato da medida, apresentando o seguinte problema: Que avanços se conseguem obter das ideias dos estudantes a respeito do Paradigma Pontual quando eles se vêem engajados na obtenção de dados experimentais a partir da formulação de uma série de perguntas provocativas? Ou, em outros termos, até que ponto as ideias dos estudantes, no trato das medidas vinculadas ao Paradigma Pontual, que a maioria de estudantes traz para a sala de aula, são ultrapassadas por outras que consigam ser aproximadas às do Paradigma de Conjunto.

O estudo tem o objetivo de investigar o quanto o estudante do primeiro ano do ensino médio avança nos procedimentos de medição quando responsável pela obtenção de seus dados durante uma atividade experimental a partir de provocações. Em síntese, como os estudantes coletam, processam e comparam dados entre duas ou mais amostras de dados envolvidos na busca de obter o resultado de uma grandeza física.

O referencial teórico que sustenta esse estudo fundamenta-se em investigações que retrataram as interpretações usadas pelos alunos no trato das medidas em ensino de ciências e, também, no trabalho de Lorencini (2000) a respeito da “Formulação de Perguntas”. Desse modo, o estudo foi guiado por provocações advindas das perguntas realizadas pelo pesquisador e do experimento selecionado na atividade experimental.

Tal estudo foi realizado em uma escola estadual da rede pública de ensino, envolvendo doze estudantes escolhidos por conveniência. O desenvolvimento desse trabalho ocorreu em uma sala de aula afastada em relação às demais durante o funcionamento normal das mesmas. Os participantes foram estimulados a pensar a coleta, o processamento e a comparação de dados direcionados por perguntas provocativas dirimidas em uma entrevista semi-estruturada mediante uma atividade experimental. A finalidade dessas perguntas, que tendem a promover uma série de provocações, é distender ao máximo os raciocínios dos alunos para que suas representações não fiquem limitadas a um desses três procedimentos. As perguntas, portanto, de caráter construtivo, era no sentido de que os alunos podiam repensar suas representações e elaborar novas ideias a partir das provocações.

Para investigar o alcance das representações no procedimento experimental, os participantes foram desafiados a realizar um experimento quantitativo que envolveu a determinação numérica do alcance de uma bola, liberada de uma determinada altura de uma rampa de lançamento. Na necessidade de responder ao desafio, o procedimento experimental dos alunos foi observado, questionado e analisado. Também, distintamente das pesquisas voltadas à medição, os estudantes participantes realizaram o experimento e puderam interagir com o equipamento. Nas pesquisas realizadas até o momento, os dados eram fornecidos e, no máximo, era proporcionada uma demonstração para que os estudantes vissem como eles foram obtidos. Com esse encaminhamento, a intenção foi de os participantes “sentirem” as dificuldades intrínsecas ao experimento de tal forma que isto refletisse nas suas representações.

O pesquisador foi o responsável pela coleta de dados, que foram obtidos por meio de gravações em áudio e vídeo. Os dados coletados para as análises de resultados são constituídos pelas “respostas dos estudantes” que foram transcritas da entrevista semi-estruturada, realizada durante o desenvolvimento de uma atividade experimental com a finalidade de observar os avanços dos alunos em um procedimento de medição.

Após a realização do recolhimento dos dados, fez-se a análise seguindo um método analítico longitudinal. Desse modo, os estudantes foram sondados de forma individual, durante a análise de seus dados em um procedimento de medição da grandeza

física experimental (distância). O critério de análise, considerado para o limite de avanço conquistado pelo estudante, e que foi provocado pelas perguntas tem como base a comparação com os princípios do Paradigma de Conjunto relativos à coleta, processamento e comparação de dados.

Na coleta, a intenção foi identificar o propósito dos estudantes quanto a realizar medidas de uma mesma quantidade. Nesse sentido, buscamos observar se o estudante chegou a se apropriar do entendimento de que uma medida apresenta uma incerteza em seu valor, em decorrência de causas inevitáveis e inerentes ao experimento. Já no processamento de dados, nossa intenção foi direcionada em entender como os estudantes atuavam frente a um conjunto de dados de uma amostra na escolha de um bom resultado de medição da grandeza.

Finalmente, no procedimento da comparação de dados, buscou-se avaliar como os estudantes participantes cotejam duas ou mais amostras. Para esse procedimento foram utilizadas duas outras folhas de sulfite compostas com duas amostras fictícias contendo cinco dados. Na primeira folha entregue ao estudante, a amostra consignada na parte superior se assemelhava à distribuição de dados obtida pelos participantes; já a outra amostra apresentada na folha permanecia em uma posição inferior em relação à distribuição superior. A segunda folha entregue ao estudante era composta por cinco dados pretos e quatro vermelhos interpolados e um outro (vermelho) distante em relação a esse agrupamento. A distribuição promovida pelos nove dados interpolados mantinha uma semelhança com a distribuição de dados encontrados pelos estudantes. Desse modo, o estudante foi convocado a realizar a sobreposição de sua folha com as respectivas folhas 1 e 2 para realizar a comparação de dados. Na comparação, procurou-se observar se o estudante mantinha o mesmo raciocínio ao processar seus dados para comparar as amostras duas a duas.

A fim de encaminhar esta investigação, abaixo são apresentados os conteúdos dos capítulos e a maneira como foram organizados.

O primeiro capítulo, intitulado “Medição na Ciência”, apresenta cinco seções. O objetivo desse capítulo foi realizar alguns comentários a respeito de conceitos utilizados no entendimento do contexto que se apresenta no trato dos erros ocorridos em um processo de medição. Na primeira seção, procurou-se discutir um pouco sobre a importância das atividades práticas de laboratório no ensino das ciências físicas como uma estratégia auxiliadora no entendimento dos conceitos pertinentes a nosso cotidiano. Na segunda seção, discute-se a importância da medição para os cientistas confirmarem ou explorarem novas teorias ao longo do tempo. Nessa seção, apresentam-se alguns exemplos em que a medição serviu para confirmar e estabelecer novas teorias ou leis. Na terceira seção, são apresentadas

algumas definições para maiores esclarecimentos a respeito do tratamento dado às palavras medida e medição, utilizadas nas ciências físicas e metrologia. Na quarta seção, realiza-se um breve comentário sobre o significado de uma grandeza física nas ciências físicas de acordo com alguns autores. Na quinta seção, faz-se um comentário sobre os erros experimentais. Nessa seção, elabora-se um relato sobre o melhor resultado de medição de uma grandeza física experimental. Também se fazem alguns relatos sobre os tipos de erros experimentais e classifica-se cada um deles, apresentando, além disso, algumas expressões que melhor possam representar um bom resultado de medição de uma grandeza física experimental.

O segundo capítulo é dividido em duas seções. Na primeira, o objetivo foi apresentar algumas reflexões sobre o uso da medição na educação científica e, na segunda, expõe-se o problema da presente pesquisa.

No terceiro capítulo, apresenta-se a metodologia empregada. A primeira seção retrata a amostra, constituição e registro dos dados. A segunda seção consiste na apresentação da atividade experimental aplicada com os estudantes. A terceira seção consiste na entrevista semi-estruturada. A quarta seção apresenta o questionário das entrevistas. E a quinta seção retrata o método e aspectos da análise.

O capítulo 4 apresenta análises individuais dos dados de doze entrevistas e uma discussão geral dos dados. E, por fim, apresentam-se as conclusões.

1 MEDIÇÃO NA CIÊNCIA

O objetivo desse capítulo é mostrar a importância das atividades práticas quantitativas no ensino de Física conforme alguns entendimentos na literatura. Assim sendo, esclarecemos nosso posicionamento em relação aos termos medida e medição de uma grandeza em Física e metrologia. Como em um procedimento de medição há erros, faz-se necessário tecer alguns comentários sobre os erros experimentais encontrados no mesmo.

1.1 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

De acordo com Moreira e Axt (1992), as investigações científicas realizadas nos últimos anos apontam que as atividades experimentais têm sido utilizadas de diversas possibilidades e tendências como uma estratégia no ensino de Física. Essa ferramenta didática pode ser concebida desde situações que abordam uma simples verificação de leis e teorias no ensino e aprendizagem de conteúdos abordados em Física. Ademais, esse encaminhamento didático pode ser originado de situações que valorizem as condições para os alunos realizarem uma reflexão e revisão de ideias em relação aos fenômenos e conceitos em estudo reestruturando seus modelos explicativos.

Também, em conformidade com os dizeres acima, as novas propostas descritas nas Diretrizes Curriculares de Física para a Educação Básica (2006, p. 29) relatam que a experimentação, no ensino de Física, é entendida como uma metodologia de ensino que contribui para relacionar teoria e prática. Desse modo, esse encaminhamento didático é justificado porque ele pode proporcionar melhor interação entre professor e estudantes e entre grupo de estudantes, propiciando desenvolvimento cognitivo e social, no ambiente escolar.

A atividade experimental, no ensino de Física, para Mion et al. (1995), pode ser caracterizada por meio de atividades práticas e teórico-experimentais. Consideram-se práticas as atividades desenvolvidas inicialmente sem o conhecimento prévio da teoria física, ou seja, utilizam-se como referencial apenas o conhecimento do senso comum dos envolvidos. E, quanto às segundas, elas são atividades que exigem o conhecimento da teoria física, acarretando numa análise científica do fenômeno, ou seja, existe uma necessidade para o desenvolvimento dessas atividades experimentais.

Desse modo, as atividades experimentais, utilizadas em investigações, encontram-se adequadas para desenvolver assuntos relacionados com a natureza da atividade científica, pois, segundo Hodson (1992), elas permitem uma compreensão da atividade

científica, dos procedimentos e métodos na observação, resolução do problema e na aprendizagem da ciência.

Para Axt (1991, p. 14), as atividades práticas são importantes para o ensino de ciências porque permitem aos estudantes realizarem levantamento de hipóteses, com a finalidade de uma confrontação ou demarcação dos limites de validade das teorias. Elas podem corroborar com o professor no desenvolvimento dos conteúdos, aproximando o ensino de um conhecimento científico. Em outras palavras, as atividades podem suscitar a compreensão de conceitos e leis da Física, ou a percepção da relação de um conceito com alguma ideias anteriormente discutida ou estudada e aproximar o ensino de ciências das características do trabalho científico. Para Axt, essas atividades podem ser uma boa forma de contribuir para a aquisição do conhecimento e o desenvolvimento cognitivo dos jovens estudantes. O autor justifica essa idéia com base na observação de Piaget de que as crianças em idade de cursar ciências têm seus raciocínios operando sobre situações com o significado concreto. Desse modo, é importante que os alunos participem de aulas práticas no ensino de ciências. Assim sendo, referindo-se aos conceitos de Piaget, Axt comenta que as atividades experimentais podem ser importantes para gerar situações de conflito cognitivo, quando se coloca o aluno diante de fenômenos que ele não consegue explicar com sua própria concepção.

De forma geral, ao ser empregada como opção instrucional, a atividade experimental ultrapassa a concepção popular de elemento que traz vida às ideias (SOLOMON, 1988). Além, de desencadeadora da motivação, ela pretende impulsionar a aprendizagem de conteúdos para níveis mais significativos e ser um meio crucial para promover a iniciação ao desenvolvimento epistemológico do inquirir científico e de instigar os estudantes em habilidades cognitivas, de atitudes e práticas (LABURÚ, 2005; WATSON et al., 2004, p. 27; WELLINGTON apud LAVONEN et al., 2004, p. 323; SÉRÉ, 2002, p. 626; HIRVONEN; VIIRI 2002; WELZEL et al. 1998; GERMANN; ARAM 1996; HODSON 1994). De fato, como sintetiza Millar (1987), o experimento desempenha um papel central não só para a ciência natural, mas também para a educação científica.

Também, em conformidade com os outros autores, Pessoa et al., (1985) comenta que as atividades experimentais são essenciais para o ensino de ciência porque coloca o estudante diante de um fenômeno que pode ser investigado com os seus próprios recursos cognitivos. Para o autor, os experimentos podem ser fundamentais para resgatar a motivação dos estudantes, para sugerir problemas a eles, para fazer distinção entre vários fatores que causam um determinado efeito, para proporcionar dados, para confirmar ou refutar

hipóteses e para oferecer situações novas nas quais se possa utilizar o aprendido. Desse modo, o autor acredita que seja essencial que cada aluno possa atuar de forma individual na busca de solução para certos problemas.

Séré et al. (2002) comentam que as atividades são importantes por despertar o aluno, levando-o a não permanecer estático ao mundo dos conceitos e linguagens, e sim, dando a ele uma oportunidade de relacionar conceitos ao contexto empírico. Nota-se, então, que elas podem ser enriquecedoras para os alunos, uma vez que atribui um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Ademais, os experimentos permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos, além de propiciarem o ensino das técnicas de investigação e possibilitarem um olhar crítico sobre os resultados. Eles comentam ainda que é muito importante diversificar as atividades e as abordagens com o interesse de torná-las atividades científicas com a finalidade de criar no aluno uma motivação e um novo interesse para as atividades experimentais.

As atividades experimentais no ensino de Física é um fator que pode motivar o estudante. De acordo com Hodson (1994), elas devem propiciar oportunidades aos alunos na aprendizagem de forma ativa, facilitando a interação com o professor e com os outros estudantes, situando-se em consonância com os seus interesses pessoais. Esse autor relata que os procedimentos da ciência precisam de uma integração em um contexto real, tendo em vista o refinamento do entendimento dos conceitos pelos estudantes, além da compreensão processual e da escolha das habilidades que serão necessárias para atingir os objetivos particulares de cada experimento. Nestes termos, fazer ciência engloba uma gama de objetivos que não se situam apenas no âmbito da aquisição de habilidades, mas em um complexo sistema de saberes de natureza dinâmica, interativa e reflexiva.

Segundo Hodson (1994), para que as atividades experimentais possam promover mudanças conceituais em estudantes, os professores devem realizar atividades que permitam:

- a) expor, explorar e testar suas ideias iniciais a respeito de um fenômeno;
- b) emitir explicações das observações e levantar novas ideias em outras situações;
- c) modificar e refinar opiniões frente às novas observações e
- d) realizar predições frente ao experimento e julgar resultados diante das observações contraditórias.

Para Laburú (2005), as atividades experimentais podem proporcionar aos estudantes, no ensino de Física, melhor compreensão de determinados fenômenos por meio de

argumentos e confrontos de ideias na busca de definir conceitos científicos. Conforme esse autor, as atividades de laboratório permitem a manipulação do equipamento, coleta e o processamento de dados; elas são relevantes na compreensão da parte procedimental da experimentação no ensino de Física, ao invés de usá-las com finalidades apenas verificativas.

Também pode ser verificado que Kanari e Millar (2004) argumentam que as atividades experimentais são de grande importância nos momentos em que os estudantes realizam a coleta, o processamento e a interpretação das medidas, com a finalidade de abrir uma discussão. Discussão que privilegia as interações entre o estudante e o professor, facilitando a análise, o desenvolvimento e a compreensão das ideias durante a observação de um fenômeno.

As atividades experimentais têm grande importância no ensino da Física em todos os níveis escolares por se tratar de uma ciência experimental. Segundo UNESCO (apud COELHO, 1993, p. 6), essas atividades executadas em laboratórios e salas de aulas devem permitir atender a três finalidades:

- a) conduzir os alunos a uma melhor compreensão dos conceitos;
- b) levar os alunos a adquirir certas habilidades práticas como a realização de experiências, as técnicas de medidas, análises dos dados e interpretação dos resultados;
- c) promover uma tomada de consciência de que numerosos conceitos e teorias têm como ponto de partida resultados experimentais.

Concordando com isso (item c), na visão de Axt (1991), as atividades experimentais são de grande relevância e indissociáveis do ensino de ciências. Elas podem ser concebidas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos ou para que seja percebida sua relação com as ideias que são levantadas e discutidas sobre determinado objeto.

Como ciência quantitativa, a Física necessita, segundo Martins (1982), essencialmente de processos de medição em sua parte experimental. Antes, porém, tem o objetivo de fazer compreender um pouco melhor a função e o papel da medição. Inicia-se, no próximo subitem, uma reflexão a respeito de como a função da medição foi utilizada ao longo da história da ciência.

1.2 A FUNÇÃO DA MEDIÇÃO NAS CIÊNCIAS FÍSICAS

O uso da medição para confirmar e explorar as teorias pelos cientistas só foi possível a partir da chegada da precisão das medidas e da matematização da Física

(COELHO, 1993, p. 54). Desse momento em diante, os cientistas puderam, efetivamente, dar às medidas a função de teste ou de controle de uma hipótese ou de uma teoria na ciência.

Em se tratando da função da teoria, pode-se falar que ela é fundamental na ciência para orientar os cientistas durante a realização de suas experiências, na hora de confrontar resultados e buscar teoria e evidência. A relação entre a teoria e a evidência (KUHN, 1977, p. 229), na maior parte das investigações realizadas pelos cientistas, não busca uma concordância absoluta, mas sim uma concordância razoável ou, simplesmente, uma aproximação entre ambas.

É a teoria que conduz os cientistas às decisões no momento de escolherem o objeto de estudo e demais condições que se fazem necessárias durante uma experiência. Esta última mostra sua relevância nos momentos em que a medição é utilizada com a função de exploração e busca fornecer um certo significado para as novas descobertas científicas. Dessa forma, ao se desenvolver um experimento de qualquer tipo, tem-se que possuir um conhecimento da teoria e uma ideia daquilo que se deseja realmente observar. Por exemplo, Millar (1987) faz uma crítica a respeito da realização da experiência sobre “tropism” das plantas. Em tal atividade o estudante vai observar uma planta crescer em direção à luz. Porém, o que de fato acontece é que há plantas que começam a crescer em outras direções que não à da luz conforme deveria ocorrer de acordo com a teoria. Assim, ele observa que muitos professores deixam de realizar certas experiências em virtude de apresentarem resultados incertos diante da teoria. Por exemplo, se o sujeito tentar compreender o que está acontecendo, mas não estiver munido da teoria necessária para orientar-se na condução do que deseja estudar, não dará conta de controlar e interpretar a experiência de maneira correta. Ou seja, o experimento faz com que ele comece a observar várias coisas ocorrendo ao mesmo tempo, que, para serem compreendidas, é necessário o conhecimento prévio da teoria que conduza suas observações. Compreende-se, assim, que as experiências devem ser planejadas e interpretadas à luz das teorias. Portanto, elas são importantes para o ensino da Física e de outras ciências na busca da confirmação de uma teoria. São elas que respondem pelas novas descobertas científicas, permitindo, dessa forma, o grande avanço tecnológico de novos instrumentos de medidas.

Kuhn afirma que muitas das teorias existem até mesmo antes de serem confirmadas pelos cientistas, quando eles buscam a conciliação entre teoria e evidência. Isso pode ser verificado de acordo com a história da ciência, por exemplo, quando Newton elaborou as leis do movimento, no século XVII. Somente a terceira lei era demonstrada experimentalmente, enquanto a segunda lei de Newton necessitou de quase cem anos até que

pudesse ser demonstrada pela experiência, com a descoberta da máquina de Atwood, embora a teoria já existisse, segundo Newton (KUHN, 1977, p. 235).

Verifica-se, portanto, que a medição encontra-se atrelada, existindo uma relação de dependência com o paradigma das novas técnicas e invenções obtidas pelos cientistas. Pode-se que, com o passar do tempo, ao longo da história, os instrumentos de medidas passam por melhoramentos de precisão, graças à orientação fornecida pelas teorias.

De acordo com a história da ciência, a teoria da luz, ao longo do tempo, passou por diversas reformulações. As reformulações que ocorreram trataram a luz, inicialmente, como um fenômeno corpuscular (Newton), e como um fenômeno ondulatório por volta de três séculos. Finalmente, na primeira metade do século XX, ela recebe um tratamento, sendo considerada um fenômeno onda-partícula, ou melhor, quântico. Tais mudanças somente foram possíveis graças às descobertas de novos aparelhos, construídos com base nos instrumentos de medidas, cada vez mais qualificados, possibilitando dessa forma, uma melhor precisão na definição da medida de uma grandeza física. Entretanto, as teorias ou leis da natureza são confirmadas raramente, graças apenas à avaliação dos resultados de medições feitas, sem que haja um conhecimento prévio dessas leis. Isso é justificado pelo fato de que as medidas dão ensejo a dúvidas e incertezas que são reduzidas quando, sob orientação do paradigma, se esclarecem por intermédio de um refinamento de técnicas e instrumentos inventados posteriormente.

Em Física, muitas leis têm uma relação quantitativa com a natureza e são forçadas a produzir um resultado coerente. A maioria delas, na descoberta de novas leis científicas, segue um caminho que vai da teoria ou lei à medição; já outras leis científicas seguem o caminho inverso. A lei de Boyle e a lei de Hooke são descobertas percorrendo-se o caminho que vai da medição à teoria, excepcionalmente.

A grande importância da medição, segundo Kuhn (1977, p. 249), encontra-se fundamentalmente em momentos de crises, quando nenhuma técnica habitual parece ser suficiente para restaurar os projetos de investigação. É exatamente nesse momento que a confirmação da medição se faz necessária na troca de uma teoria por outra. E isso se dá somente quando os cientistas lançam mão de novos recursos técnicos pela utilização de novos óculos teóricos.

Kuhn (1977) afirma que, se a medição se afastar da teoria, ela somente produz números. Ou seja, sua própria neutralidade torna esses números fracos no sentido de serem fontes de sugestões remediadoras, pois a medição não fornece indicações sobre a natureza dos fenômenos, sendo ela essencial para mostrar aos cientistas o afastamento ou não

da teoria. Portanto, a grande função das medidas é levar ao limite, por meio do aprimoramento das técnicas, os instrumentos, as aproximações teóricas e o refinamento do paradigma. Nessas condições, as medidas determinam a escolha de paradigmas e teorias, confirmando uma delas (KUHN, 1977, p. 258). Compreende-se, dessa forma, que a medição seja importante em diversas ciências, em particular, à Física, pois essa ciência, que é essencialmente quantitativa, depende dos processos de medição em sua parte experimental.

1.3 MEDIDA E MEDIÇÃO

O estudo sobre a medida é complexo quanto ao significado etimológico da palavra, visto que ela recebe tratamentos diferenciados em relação ao seu conhecimento nos campos da Filosofia, Matemática, Física e Metrologia. No presente trabalho, enfatiza-se a compreensão da medida na Física e na Metrologia.

Pode-se encontrar uma definição bem simples, no dicionário Aurélio, da palavra medição. Nele o tratamento dado resume-se ao “*o ato de medir ou medida*”. Por outro lado, a terminologia da palavra medida, de acordo com a Enciclopédia Britânica de Ciência e Tecnologia (1982, p.156) significa:

Uma expressão que indica o valor de determinada quantidade e, para obtê-la, compara-se essa quantidade com outra da mesma espécie (homogênea) que se toma como unidade, desta forma, determina-se, assim, o número de vezes que a unidade está contida na quantidade que se deseja medir.

Já, de acordo com o dicionário Aurélio, observa-se que a medida está, de certa forma, baseada na comparação de uma unidade padrão que serve para checar a quantidade dessa unidade contida na grandeza que se deseja medir.

Na Metrologia, a medida é o que resulta do ato de medir. A medida está relacionada com o fato de que a ciência conhecida como exata é baseada em aspectos quantitativos. Em outras palavras, medir significa comparar algo em relação a uma escala, ou seja, dizer que uma pessoa mede 1,80 m significa dizer que esta pessoa é 1,8 vez maior que um metro.

Pelo Inmetro e Dingle (apud MARTINS, 1982, p. 73), *a medida é o resultado do processo de medição*. No entanto, pode-se perceber que as palavras medida e medição têm um mesmo significado etimológico, conforme se vê aferido no dicionário.

Já na opinião de Tipler (2006, p. 3), a medida de qualquer grandeza física envolve a comparação com um valor unitário precisamente definido da mesma grandeza. Para ele, a magnitude de qualquer grandeza física deve incluir um ‘número’ e uma ‘unidade’.

Nas ciências físicas, uma medida é o resultado do ato de medir. E a medição se dá por meio de uma grandeza física, o que a diferencia de uma simples contagem numérica. No campo dessas ciências “*A medição é qualquer operação precisamente especificada que gera um número*” (DINGLE apud MARTINS 1982, p. 73). Ao ser definida a grandeza, estabelece-se, ao mesmo tempo, uma série de procedimentos para medi-la, atribuindo-se uma unidade instituída como padrão.

Compreende-se que, nas ciências físicas, o tratamento dado à ‘medição’ requer um conhecimento sobre o que é uma grandeza física. Para tanto, faz-se necessário refletir sobre o que alguns autores entendem por grandeza física.

Na linguagem do presente estudo, admite-se o entendimento de medida como o resultado do processo de medição, coerentemente com Martins (1982).

1.4 GRANDEZAS FÍSICAS NA CIÊNCIA

De acordo com Tipler (2006), por grandeza física entende-se tudo aquilo que pode ser medido e, contrariamente, o que não pode ser medido não se reconhece como grandeza física. A grandeza física é objeto de conhecimento, logo que o estudante inicia um estudo em ciências. No ensino médio, ele depara com questões a respeito dos movimentos dos corpos em Cinemática ao utilizar as grandezas escalares e vetoriais. Essas e todas as outras grandezas em física são passíveis de medição. As grandezas físicas dividem-se em fundamentais (base) e derivadas e dão sustentação às ciências físicas. O conjunto das grandezas de base, derivadas e as relações que as conectam formam um sistema de grandezas.

As grandezas físicas, no geral, estão de certa forma ligadas entre si por relações que permitem defini-las e exprimir a modelação dos fenômenos físicos que elas descrevem. Cada quantidade fica expressa por uma parte numérica e literal. Por exemplo, se a grandeza física utilizada é o comprimento (distância), ela será representada por um número (parte numérica) e uma unidade de medida (parte literal).

As grandezas físicas são conceitos quantitativos (MARTINS, 1982, p. 69). Em conjunto com os conceitos teóricos elas formam os blocos para a construção da Física. Para Halliday (1986, p. 1), esses blocos são usados para expressar as leis e teorias.

Ao definirmos uma grandeza física, como por exemplo, o comprimento, estabelecemos uma série de procedimentos para medi-la e atribuir-lhe uma unidade padrão como o metro. Essa grandeza física e o procedimento de medição devem ser estabelecidos ao mesmo tempo e tal procedimento não pode ser realizado de forma independente e antes das etapas dos procedimentos de medição. A definição da grandeza física a medir depende de análises que envolvem problemas de ordem teórica e de ordem experimental. Ou seja, definir o que se entrevê como objeto de medição exige o conhecimento do sistema físico, das variáveis pertinentes que estão em jogo no fenômeno estudado, assim como as relações existentes entre elas. O instrumento de medida traduz em si mesmo toda uma teoria. A interação da medida exige o conhecimento dos modelos dos instrumentos e do sistema medido.

A definição teórica de uma grandeza física e de sua medida não está completa se não explicitar claramente as diferentes grandezas cuja variação pode modificar as condições físicas desta definição e do processo de sua medida. Essas grandezas são chamadas grandezas auxiliares da medida. Por outro lado, existem algumas grandezas físicas que são suscetíveis de modificar as condições teóricas da medida. Tais grandezas são denominadas em Física no tratamento das medidas de grandezas parasitas ou estrangeiras, tais como a temperatura, a umidade, o vento, etc (RUSSO apud COELHO, 1993).

Um grande problema enfrentado pelo físico, ao realizar um procedimento experimental com a intenção de obter o valor de uma grandeza física, é realizar a identificação de fatores que interferem no resultado de medição, ou seja, é muito difícil compreender a natureza e o grau de influência desses fatores. Há fatores que podem, durante um processo de medição, interferir no resultado da medida de uma grandeza física.

A definição da grandeza a medir, de acordo com Russo (apud COELHO, 1993, p. 31), não é válida se não for capaz de exercer um controle rigoroso não só sobre as grandezas auxiliares, de modo a impor-lhes os valores correspondentes à definição de medida, ou melhor, de saber o quanto elas estão separadas, mas também sobre o sistema constituído pelo fenômeno a medir e o instrumento de medida.

1.5 ERROS EXPERIMENTAIS

O processo de medição de uma grandeza física pode ser efetuado somente com uma ou inúmeras medidas repetidas. Contudo, o resultado de uma grandeza física experimental depende das condições experimentais e dos métodos como se realiza o

experimento para tal feito. Ademais, qualquer que seja a situação experimental, o que se busca em um procedimento é a obtenção de um bom resultado de medida que leve em conta o erro ocorrido durante o processo de medição (VUOLO, 1992).

Na opinião de Hennies et al. (1986), o resultado experimental não é uma representação exata do valor de uma grandeza física medida. Com efeito, cometem-se sempre imprecisões e, caso se repetirem as medidas da grandeza várias vezes, sempre sob as mesmas condições, obtêm-se em geral valores diferentes. O resultado de uma ou de várias medições da grandeza é toda a informação da qual se pode obter o valor verdadeiro da grandeza. Se as medições forem realizadas com bastante cuidado, 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 vários valores obtidos para a mesma grandeza pode fornecer uma ideia da precisão com que é feita a medição.

Na teoria dos erros experimentais admite-se que existe um valor verdadeiro bem definido para toda grandeza física experimental, essa se obtém a partir de um conjunto de dados experimentais definida por meio de um modelo para o fenômeno físico em consideração. A partir do momento em que um modelo consistente tenha sido claramente formulado, admite-se que cada grandeza física definida pelo modelo tem um valor verdadeiro bem definido.

Na opinião de Vuolo (1992, p. 38), o valor verdadeiro exato de uma grandeza física experimental é sempre desconhecido, ainda que sejam utilizados os melhores métodos e instrumentos de medidas, ou seja, o valor encontrado para a grandeza física será sempre uma aproximação do valor verdadeiro em decorrência de existir erros de medida. Por outro lado, o autor afirma que uma grandeza física só pode ter valor verdadeiro conhecido quando a grandeza puder ser definida como um número exato, porém, se isso ocorrer, a grandeza física em questão não pode ser considerada como uma grandeza física experimental.

A descoberta do valor de uma grandeza física necessita de um procedimento experimental que leve em consideração uma série de variáveis presentes no contexto em estudo. Desse modo, cada grandeza possui um só resultado a cada instante para cada objeto. Entretanto, os resultados das medidas são afetados por erros incontroláveis e, por esse motivo, a medida deve ser repetida muitas vezes para se obter uma aproximação do valor verdadeiro.

O objetivo final da teoria dos erros experimentais, segundo Vuolo (1992, p. 48), consiste em determinar o melhor valor possível para a grandeza física experimental a partir dos resultados das medidas, e em verificar o quanto este valor pode ser diferente do valor verdadeiro. Em outras palavras, o valor verdadeiro de uma medida encontra-se, de certa

forma, dependente do erro, uma vez que, durante a realização de uma medida, podem aparecer erros que são inerentes ao processo de medição. E esse erro de medida é definido como dado pela diferença entre o valor verdadeiro da medida e o valor medido durante o processo (VUOLO, 1992, p. 38).

Dessa feita, verifica-se, na teoria dos erros experimentais, que uma medida é basicamente imprecisa. O resultado obtido de uma medida pertence a um nível de confiança dado por dois números (y, δ) , mas nada permite afirmar que existe um valor verdadeiro (y_v) da grandeza a medir, da qual 'y' será uma avaliação inexata, de tal sorte que se obteria $y - \delta < y_v < y + \delta$ (VUOLO, 1992, p. 50).

Quando um mesmo operador efetua uma série de medidas de uma grandeza, utilizando um mesmo instrumento, as medidas obtidas terão valores que poderão não coincidir, na maioria das vezes, isso devido aos erros experimentais inerentes a qualquer processo de medida (HELENE ; VANIM, 1981, p. 1). Desse modo, demonstra-se que o valor que mais se aproxima do valor verdadeiro da grandeza é a média aritmética dos valores, denominado valor médio. Calculando-se a média aritmética das medidas efetuadas tem-se que a média é o valor mais provável para a grandeza. O valor médio é tanto mais preciso e exato quanto maior for o número N de medidas. Desse conjunto deve-se extrair a incerteza que afeta o valor médio adotado.

Segundo Vuolo (1992, p. 85), quando se realiza uma série de medidas em condições idênticas o quanto possível, obtém-se uma série de valores que, em geral, se distribuem mais ou menos simetricamente em torno do valor médio. Em outras palavras, observa-se intuitivamente que a média é o mais provável da grandeza, e que, quanto mais estreita for uma distribuição em torno desse valor, mais precisa é a medida. Na opinião de Helene et al.(1991, p. 13), se os dados são estatisticamente independentes uns dos outros, então a média é uma boa estimativa do valor dado a uma grandeza. Tal valor pode ser observado, considerando-se que i varia de 1 a n, e é dado pela expressão 1:

$$\text{Média} = \sum x_i / n \quad (1)$$

No procedimento de medição, a média é conhecida como um valor esperado ou um valor provável sendo definida como dada pela somatória de todos os valores da medida dividida pelo total do número de medidas efetuadas em uma atividade experimental.

Na opinião de Hennies et al., (1986), em uma dispersão é possível verificar que há um afastamento entre as medidas quando relacionadas entre si. O valor médio mantém um certo distanciamento de cada medida para mais ou para menos denominado de desvio de uma medida. É óbvio que o valor médio desse desvio é zero. O desvio de uma medida em uma série de n medidas é dado pela diferença entre o valor medido e o valor médio.

Em contrapartida, se o experimentador realiza apenas uma medida da grandeza física, o valor medido evidentemente será o resultado de medição e ele representa a grandeza dentro de certo grau de confiança. Nesse caso, não existe nenhuma regra definida para determinar a incerteza ou o erro de uma única medida. A tal incerteza ou erro depende de fatores, tais como o instrumento de medida, as condições experimentais em que se realiza a medida, o método, a habilidade do experimentador, etc.

Na opinião de Hennies et al. (1986), todas as grandezas físicas resultantes de medições são afetadas de uma determinada incerteza que se convencionou chamar de erros ou incerteza da medida. E esses erros podem ser caracterizados pela sua natureza e origem e são obtidos por meio do desvio quadrático médio e expressos por um número em geral, esse desvio calculado em um processo de medição é o responsável pela coerência e a confiança de um resultado de medida. Tais termos, erros e incertezas são tratados como sinônimos.

Em um procedimento de medição, para que se obtenha um bom resultado da medida de uma grandeza física, ele deve ser representado por um número adequado de algarismos significativos conjuntamente com o erro que pode, de certa forma, afetar o resultado encontrado da grandeza física experimental. Ou seja, o número de cifras significativas não deve ultrapassar a informação que contém esse resultado, uma vez que essa informação é limitada pela incerteza da medida. Justifica-se conforme diz Bachelard (apud COELHO, 1993, p. 52), “[...] uma precisão sobre um resultado, quando ultrapassa a precisão dos dados experimentais, é exatamente a determinação do nada”.

Os algarismos significativos são denominados por Hennies et al., (1986) como algarismos exatos acrescidos de um único algarismo duvidoso e deve ser limitado de tal forma que o erro afete o último algarismo significativo (algarismo duvidoso). Em geral, para se considerar o número de algarismos significativos do valor médio, é conveniente, em primeiro lugar, considerar o desvio médio com apenas um algarismo significativo, o qual irá, então, precisar com quantos algarismos significativos deverá ser escrito o valor médio da grandeza física experimental.

Em contrapartida, Vuolo (1992, p. 60) comenta que não existe uma regra bem definida para tratar o número de algarismos significativos atribuídos aos erros

experimentais; a tendência atual trata o erro com dois algarismos além de zeros à esquerda. Contudo, muitos físicos utilizam um ou dois algarismos, conforme o caso, e outros só admitem um algarismo em qualquer caso. Além disso, algumas vezes não é possível atribuir mais do que um algarismo para o erro. De acordo com o autor, ao tratar os algarismos significativos despreza-se os zeros à esquerda e adota-se as seguintes regras:

- a) o erro deve ser dado com 2 algarismos, quando o primeiro algarismo, do erro for 1 ou 2;
- b) o erro pode ser dado com 1 algarismo, quando o primeiro algarismo do erro for 3 ou maior e
- c) o erro pode ser dado com 2 algarismos, em qualquer caso. Verifica-se que essas regras permitem que os erros sejam escritos com um ou dois algarismos, quando o primeiro algarismo do erro é maior ou igual a 3.

Os erros, em um procedimento de medição, segundo Hennies et al., (1986), classificam-se em grosseiros, sistemáticos e estatísticos. Inicialmente, os erros grosseiros são devidos à falta de competência do operador. Por exemplo, ele pode cometer erros de escala, erros de leitura, erros de instrumentos quando indevidamente calibrados, erros de contas, etc. Tais erros não são permitidos em um processo de medição porque eles podem ser reduzidos por meio de repetições de medidas. Ou seja, simplesmente, como são erros discrepantes que diferenciam muito em relação aos demais dados em uma série de medidas, eles podem ser desprezados para efeito de cálculos das médias.

Já os erros classificados como sistemáticos são aqueles que acontecem sempre no mesmo sentido, ou seja, ele varia para mais ou para menos. Tais erros são decorrentes da má calibração dos instrumentos, do uso de padrões mal aferidos, de folgas em equipamentos, de erros de paralaxe de leitura, de variações locais de constantes físicas (variações locais do valor de g e da pressão atmosférica com a altitude) ou da aplicação de fórmulas aproximadas (por exemplo, a influência da amplitude da oscilação de um pêndulo em seu período, aceleração da gravidade, etc.).

Os erros sistemáticos não podem ser reduzidos pela repetição das medidas e são difíceis de serem notados na prática. O único modo de detectá-los é realizar medidas por meio de outros métodos alternativos e determinar, por comparação, o fator de correção a introduzir nas medidas. Na prática, sempre que a calibração de um aparelho for suspeita, deve-se aferi-lo com um padrão, ou substituí-lo por outro instrumento correto. Esses erros podem ser reduzidos ou praticamente eliminados, realizando-se nova aferição do instrumento. Por exemplo, a régua usada no cotidiano possui erro sistemático dependente da fabricação.

Não basta que a régua seja fabricada com calibração muito boa, ela deve ser construída com bom material para não alterar sua calibração ao longo do tempo.

Por outro lado, os erros aleatórios são causais, estatísticos ou acidentais. Eles decorrem da variação de uma medida para a próxima, realizada em condições idênticas, e se distribuem para mais ou para menos em torno de um valor médio da grandeza. Esta distribuição em torno da média segue, em geral, uma lei matemática (curva de distribuição) bem definida que é, normalmente, a gaussiana. Estes erros são devidos a flutuações casuais de condições ambientais (temperatura, ventos), a erros de estimativa (pequenos erros de paralaxe de leitura, pequenas não-linearidades ou distorções na impressão de escala, resolução da escala de leitura, que exige estimativa do valor), à interferência de elementos estranhos (ruídos na rede e vibrações mecânicas ou acústicas que perturbem os instrumentos) e às deficiências dos próprios instrumentos de leitura.

O importante, ao tratar com erros estatísticos, é que eles podem ser reduzidos pela repetição de medidas, decrescendo, em geral, de forma proporcional ao inverso da raiz quadrada de N , em que N é o número de medidas. Tal erro, que é normalmente dado com o valor da medida de uma grandeza física, é obtido por meio do valor do erro quadrático médio e , em um procedimento de medição, é importante conhecê-lo para verificar o quanto ele afeta a medida, ou seja, a precisão.

De acordo com Vuolo (1992), a palavra precisão encontra-se relacionada com o tratamento dado aos erros estatísticos em um procedimento de medição. Isso significa, exatamente, que quanto menor for o erro estatístico, tanto maior será a precisão obtida de uma medida. Dessa forma, a precisão é uma indicação do quanto são reprodutíveis as medidas. Se os resultados das medidas se apresentarem muito próximos entre si, diz-se que a precisão é boa. Em outras palavras, a precisão de uma medida mantém uma relação direta com a dispersão de dados.

Para Hennies et al. (1986), uma medida afetada por erros estatísticos pequenos é considerada de boa precisão, mas altamente inexata, ou seja, longe do valor verdadeiro da grandeza física medida. Isso pode ser decorrente do uso de padrões inexatos ou ao emprego de aparelhos mal-calibrados ou mal-zerados, utilizados no procedimento de medição. Ou seja, a resolução de um instrumento de medida é muito importante em um procedimento de medição de uma grandeza física, e ela pode ser estimada com base no menor valor em uma escala de medida. Por exemplo, em uma régua de 30 cm, adota-se a metade da menor divisão que é dada pelo milímetro.

Uma medida experimental determina, da melhor maneira possível, um valor da grandeza física, sendo o valor exato sempre desconhecido, como visto. A expressão que é fornecida para o resultado da medida deve indicar este fato, o que é feito através da determinação da incerteza experimental. Assim, qualquer medida pertence a uma faixa de valores. Essa faixa é sempre expressa por um valor central e por uma largura e por um grau de confiabilidade que permite deduzir que a medida esteja naquela faixa de confiança. É algo inerente a qualquer processo de medida. Ela (incerteza ou erro) pode ser definida como uma indicação de quanto o melhor valor de uma grandeza física pode diferir de seu valor verdadeiro, ou seja, isso ocorre em termos de probabilidades (VUOLO, 1992).

Mas, como tanto o valor verdadeiro quanto o erro (incerteza) são desconhecidos, fica evidente que o melhor valor de uma grandeza física e a incerteza só podem ser obtidos e interpretados em termos de probabilidade. Se fosse possível fazer qualquer afirmação de caráter mais determinístico sobre o melhor valor encontrado ou sobre a incerteza correspondente, o valor verdadeiro para a grandeza deixaria de ser uma quantidade desconhecida.

De acordo com Vuolo (1992, p. 49), o erro estatístico é a maneira mais utilizada atualmente 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 esta distribuição de erros, a relação entre o erro provável e o erro estatístico é dado por $0,6745\sigma$. Em outras palavras, esse 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 das outras formas de incerteza, é baseada no conceito de intervalo de confiança. Ambos os termos são sinônimos, pois o erro estatístico é uma forma de incerteza (VUOLO, 1992, p. 50).

De acordo com o autor, quando muitos fatores interferem como fonte de erros estatísticos da medida, a distribuição dos seus valores obedece a uma distribuição conhecida como gaussiana. Por exemplo, em Física, as grandezas físicas são acometidas por uma gama de fatores aleatórios e, desse modo, elas obedecem à função gaussiana que é utilizada para descrever erros experimentais. Tais funções descritas por Gauss, em 1795, e a de Laplace, em 1812, respectivamente, são relevantes fundamentos matemáticos para compreender por que as distribuições de erros tendem a ser gaussianas, embora não demonstrem que erros experimentais sigam uma distribuição gaussiana. Elas podem atestar

que, experimentalmente, uma grande parte dos erros segue uma distribuição gaussiana com boa aproximação; da mesma maneira, verifica-se que, em certos casos, a distribuição de erros pode ser diferente da distribuição gaussiana.

Essa função gaussiana é convencionalizada pelos físicos experimentais sob as condições mais utilizadas no trato das medidas. Por exemplo, a largura expressa por uma gaussiana apresenta um grau de confiança de cerca de 68%, isto é, a probabilidade que o resultado fique na faixa considerada (entre o valor central mais a largura e o valor central menos a largura) é de 68%. E também que há 99,9% de probabilidade de o resultado sempre estar na faixa definida por três vezes a largura. Desse modo, uma boa prática para obter um resultado de medição é encontrar o desvio padrão, uma vez que, segundo Vuolo (1992, p. 68), o valor médio contém uma incerteza em seu valor. Já o desvio quadrático médio, de acordo com Hennies et al. (1986), tem a importância de mostrar, da melhor forma possível, o espalhamento das medidas, ou seja, quanto menor for o desvio quadrático médio, mais precisa é a série de medidas. Por outro lado, a variância pode ser determinada pela expressão 2:

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

Após a realização de uma série de medidas, convém entender qual é o valor do erro que afeta a medida da grandeza física. Ele é denominado de desvio padrão da média e pode ser obtido pela expressão 3.

$$\text{Desvio Padrão Médio} = \text{Desvio Padrão} / \text{Raiz Quadrada de } N \quad (3)$$

Por não se conhecer o valor verdadeiro da grandeza física, é impossível determinar o erro de uma média realmente cometido em um processo de medição. A probabilidade de melhorar o resultado de uma medida pode ser encontrada quando se leva em conta o valor de uma medida e o erro que pode ser determinado conforme expresso acima. A estimativa do quanto essa média está longe do valor verdadeiro de uma medida é dada pelo desvio padrão da média.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O objetivo do presente capítulo consiste em mostrar o referencial teórico utilizado em nosso trabalho. Na fundamentação, apresentamos as ideias de estudantes jovens e universitários no trato da medição comentada nas investigações estrangeiras em ensino de ciência e a “Formulação de Perguntas”, segundo Lorencini (2000), para orientar a discussão deste estudo. Na sequência, é exposto o problema da pesquisa.

2.1 A MEDIÇÃO NAS PESQUISAS EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Verificam-se, na literatura estrangeira, algumas investigações com estudantes jovens e universitários que contemplam as medidas, tais como as pesquisas de Kanari e Millar, 2004; Cauzinille-Marméche et al., 1985; Lubben e Millar, 1996; Allie et al., 1998; Buffler et al., 2001. Por outro lado, no território brasileiro, existe um número inexpressivo de pesquisas sobre medição em ensino de ciências com estudantes brasileiros. Cita-se, por exemplo, a investigação desenvolvida em 2001, por Marineli e Pacca (2006), com duas turmas de estudantes universitários da USP, em um curso de licenciatura em Física. Os pesquisadores realizaram com os estudantes um levantamento e análise das dificuldades no tratamento e interpretação dos dados obtidos por meio de medidas em experimentos programados. Para isso, utilizou-se de uma sessão didática que consiste de uma série de experiências com diversos aparelhos de medição aplicada em período normal das aulas, no curso. Os pesquisadores concluem que: a) os estudantes se deram bem ao realizar um experimento aproximando a teoria da evidência; b) os estudantes, diante das discordâncias entre a teoria e a evidência, preferiram atribuir a si próprios a causa de algum erro ou diferença. É claro que uma não-concordância pode ser causada pelo experimentador, mas o fato de o modelo não ser o fenômeno em si certamente não estava sendo cogitado.

A pesquisa realizada por Kanari e Millar (2004) utiliza-se de uma amostra de 60 jovens estudantes ingleses, com idade de 10, 12 e 14 anos, divididos igualmente em três grupos de acordo com a faixa etária para o estudo. O objetivo dos investigadores nessa pesquisa consistiu em: a) identificar as aproximações mais comuns e padronizadas das razões emitidas pelos estudantes em suas respostas, durante a coleta e a interpretação de dados, em uma atividade prática de ciência; b) explorar como as ações dos estudantes, na atividade experimental, modificavam-se em razão da faixa etária e de suas experiências escolares e c) explorar a consciência dos estudantes a respeito da incerteza da medida ao coletarem e

interpretarem dados. Em resumo, o objetivo central desse trabalho teve seu foco de estudo baseado no ato de coletar e interpretar dados no momento em que eles examinaram relações entre variáveis. Para a realização desse trabalho utilizou-se de dois instrumentos: um pêndulo (período, massa e comprimento) e uma caixa (força e massa). A finalidade das atividades consistiu em observar a existência de covariação ou não entre as variáveis presentes em cada um dos contextos pelos estudantes. Nessa investigação, os pesquisadores concluíram que os estudantes sentiram mais dificuldades em interpretar os dados empíricos do que propriamente os entendimentos com os raciocínios lógicos envolvidos. Fez-se tal constatação exatamente no momento em que houve necessidade de discernir as implicações da interpretação dos dados em face das hipóteses correntes, ou quando houve necessidade de controlar as variáveis. Em síntese, os estudantes, de modo geral, apresentaram um desempenho insatisfatório quando necessitaram fazer uma análise de covariação ou não das variáveis dependentes e independentes envolvidas no fenômeno observado.

A investigação realizada por Cauzinille-Marméche et al. (1985) utilizou-se de uma amostra de jovens estudantes franceses com idade entre 11 e 13 anos. O foco central desse estudo consistiu em observar se as ideias que os estudantes tinham antes influenciavam ou não suas ações durante a obtenção dos dados para inferir conclusões durante a combustão de uma vela. Para isso, os pesquisadores utilizaram-se de uma sessão didática composta de duas sessões. Na primeira sessão, os estudantes se vêem obrigados a confrontar suas hipóteses iniciais com as evidências observadas durante a combustão de uma vela. Na segunda sessão, os estudantes receberam jogos de medidas que retrataram os fatores forma e volume de alguns recipientes que representavam o tempo de combustão de uma vela. A intenção da atividade consistia em observar como os estudantes interpretavam os fatores envolvidos no fenômeno ao se sobreporem dois conjuntos de medidas. Nessa investigação, os estudantes envolvidos foram os responsáveis pela obtenção de seus próprios dados. Os investigadores resumiram as principais formas de pensamento dos estudantes sobre as influências das ideias obtidas a priori em uma aproximação experimental. Os investigadores concluíram que: a) os estudantes raramente decidem repetir seus experimentos, pois na opinião deles, os resultados sempre serão iguais ao primeiro obtido; b) a sobreposição entre distribuições de dados joga um papel fundamental na tomada de decisão sobre a influência de uma variável. Um quarto dos sujeitos participantes fica confuso e não chega à conclusão nenhuma sobre o efeito da variável, quando há sobreposição entre alguns dados de duas amostras; c) a maioria dos estudantes não desenvolve nenhum critério de decisão para comparar um conjunto de dados. Eles se negam a

comparar os conjuntos de medidas ou médias, pois não vêm significado para essas ações (CAUZINILLE-MARMÉCHE et al., 1985, p. 206-208).

Os pesquisadores Lubben e Millar (1996) utilizaram-se de uma amostra de 520 estudantes ingleses com idade de 11, 13 e 15 anos. O foco principal desse estudo concentrou-se em compreender os raciocínios dos estudantes na interpretação dos dados de um fenômeno relacionado com a medição. A intenção consistia em observar as ideias dos estudantes sobre a confiabilidade de dados experimentais. Para isso, fez-se uso de um questionário a ser preenchido pelos estudantes. Nessa investigação os estudantes não foram os responsáveis pela obtenção de seus dados, contrariamente ao que não ocorreu nas duas pesquisas anteriores. Os pesquisadores resumiram os raciocínios dos estudantes nestes pensamentos: a) repetir medidas é perda de tempo e, dependendo da situação, desperdício de material, pois o resultado de uma medida é tão bom quanto outro qualquer; b) pode-se ficar com quaisquer valores obtidos, porquanto, por mais que se faça, eles serão sempre diferentes; c) caso se faça o experimento com cuidado e o equipamento for adequado, sua medida será a correta; d) alguns sujeitos repetem o procedimento para ver se a medida inicial reaparece ou acreditam que o resultado mais recorrente é a resposta procurada; e) outros dão maior importância ao primeiro ou ao último resultado, justificando, em um e outro caso, que o equipamento está limpo no início da atividade ou que se adquire melhor destreza após várias tentativas; f) um valor particular representa o conjunto, em razão de estar aproximadamente equidistante dos valores extremos; g) os estudantes, em geral, escolhem a série mais estreita, mas, se as médias forem iguais à confiança nas séries, a escolha independe da dispersão dos dados; h) vinte por cento dos respondentes reconhecem nos dados mais espalhados uma maior confiança (LUBBEN; MILLAR, 1996, p. 958-963).

Na pesquisa, Coelho e Driver (apud BUFFLER et al., 2001, p.1138) utilizaram-se de estudantes de 14 a 17 anos. Tal pesquisa permitiu deduzir que os estudantes acabam por concluir seus estudos de laboratório com a idéia de que:

a) a incerteza fica inteiramente eliminada ao ser realizada uma única medida e a relação entre um conjunto de medidas e a incerteza associada pode ser claramente definida.

b) uma medida única e verdadeira a ser encontrada manifesta um espontâneo e profundo realismo dos sujeitos e da natureza fechada de muitas tarefas dos laboratórios didáticos.

Lubben e Millar (1996, p. 957) elaboraram um modelo que reúne, em oito passos progressivos, os raciocínios que são comuns em alunos adolescentes quando tratam

dos aspectos referentes à coleta, processamento e comparação de dados, que Allie et al. (1998) testaram em 121 estudantes universitários do primeiro ano de Física na Universidade de Cape Town, no Sul da África.

O primeiro aspecto referiu-se à identificação dos propósitos dos estudantes para realizar várias medidas de uma mesma quantidade. Outro aspecto procurou entender como os estudantes atuam diante de um conjunto de valores de uma amostra, como ajustam uma reta em uma distribuição de pontos, se calculam a média, se têm percepção da dispersão das medidas, se a identificam e como agem em relação a uma anomalia presente em uma coleção de dados. Outro aspecto analisou como os estudantes cotejam duas ou mais amostras, de mesma quantidade de dados, ao observarem se há compatibilidade e qualidade relativas entre elas. Para isso, deveria considerar as médias e incertezas das amostras. Estudou-se a situação em que não se forneceram explicitamente os valores das incertezas das amostras, podendo elas ser apenas estimadas pelos dados. No caso, foram investigadas situações em que se compararam duas amostras de mesmas médias com diferentes dispersões, assim como amostras com médias diferentes com as mesmas dispersões; em ambas as situações a média de uma amostra encontrou-se inserida no grupo de dados da outra. O estudo realizou-se em duas sessões. A primeira sessão, compôs-se de três perguntas escritas direcionadas com o objetivo de sondar as ideias dos estudantes a respeito dos propósitos para a repetição das medidas em uma atividade experimental. A segunda sessão, compôs-se de três perguntas escritas para observar as ideias dos estudantes acerca da expansão de um conjunto de medidas. O questionário foi realizado com base em uma atividade experimental designada como rampa inclinada colocada sobre uma mesa a uma altura h em relação ao solo.

Na investigação, os pesquisadores fizeram o levantamento do uso de seis tipos característicos de propósitos para a repetição das medidas. São eles: a) nenhuma repetição é necessária; b) a repetição fornece a prática para melhorar o processo de tomada de medidas; c) a repetição é necessária para encontrar uma medida recorrente; d) a repetição é necessária para melhorar a exatidão; e) a repetição é necessária para estabelecer uma média e f) finalmente, a repetição é necessária para estabelecer uma expansão.

Os investigadores Allie et al., (1998) concluem que: a) os estudantes mostram desejos diferentes para repetir medidas durante a obtenção da média das grandezas tempo e distância, ou seja, a maioria opta pela grandeza tempo; b) alguns estudantes mostraram um entendimento da consistência entre dois conjuntos de dados comparando as posições relativas de suas médias junto com as dispersões obtidas; c) alguns estudantes trataram as medidas de forma individual e na comparação entre dois conjuntos eles não

tomaram a média como um bom representante de todas as medidas. Os achados mostram que o uso da compreensão processual é dependente do contexto.

Os trabalhos de Allie et al., (1998) e de Lubben e Millar (1996), entretanto, não pesquisaram a possibilidade de existir duas amostras em que uma média não esteja contida dentro do conjunto de dados da outra, ainda que exista uma sobreposição nas dispersões dos dados. Esse caso é estudado por Buffler et al. (2001) quando examinam duas amostras com diferentes médias e com iguais incertezas, ambas explicitadas para os alunos ($d_1 = 434 \pm 5$ versus $d_2 = 442 \pm 5$), com a finalidade de investigar a efetividade da instrução dada aos estudantes universitários que completam um curso de 36 horas de laboratório em que se ensinam erros experimentais.

Buffler et al., (2001) reuniram os seus resultados com os de Lubben e Millar (1996) num modelo-síntese denominado de Paradigma Pontual e de Conjunto. Essas denominações mantêm paralelo com o conceito kuhiano de paradigma (KUHN, 1987) e pretende assinalar um grupo de crenças, valores, técnicas etc., compartilhados pelos alunos quando ponderam sobre medida.

A investigação de Buffler et al., (2001) utilizou-se de uma amostra de 70 estudantes universitários do primeiro ano de Física da Universidade de Cape Town, África do Sul. Para isso, os pesquisadores recorreram a um questionário no trato da medição em uma atividade experimental. Tal atividade consistia de uma rampa inclinada colocada à altura h em relação ao solo sobre o canto de uma mesa. Houve intenção de avaliar a importância de um curso de laboratório sobre os erros experimentais, o parâmetro utilizado para as análises dos resultados consistiu do uso do Paradigma Pontual e de Conjunto. Os pesquisadores concluíram que: a) uma grande parte dos estudantes busca representar um conjunto de medidas de uma quantidade mediante uma média sem levar em consideração a indicação de um intervalo de incerteza; b) alguns estudantes centrados em um Paradigma de Conjunto obtiveram a média e a incerteza da medida como um bom representante de um conjunto de medidas; c) alguns estudantes, ao realizarem a sobreposição de uma dispersão de medidas, apoiaram suas ideias de compatibilidades de medidas entre ambas nas proximidades de suas médias; d) muitos dos estudantes que obtiveram a média e a incerteza de medida realizaram a sobreposição das amostras adequadamente ao tratar as medidas como compatíveis.

É preciso dizer que os resultados acima foram obtidos por meio de um processo de ensino a respeito de erros experimentais em alunos universitários cuja duração, em laboratório, foi de 36 horas (BUFFLER et al., 2001).

Verifica-se que o Paradigma Pontual congrega os raciocínios que levam à compreensão de que no procedimento de coleta, apenas uma única medida é suficiente e que há um verdadeiro valor a ser encontrado, não existindo a necessidade de obter mais do que um resultado experimental. Cada medida é independente das outras e é auto-suficiente para a tomada de decisão; logo, não precisa combinar de maneira alguma com as demais. Por isso, uma medida a ser obtida é concebida como conduzindo a um único valor, em vez de pertencer a um intervalo. Se uma série de medidas é feita, as decisões subsequentes são tomadas somente com base em reflexões pontuais, tais como: seleção do valor recorrente; posição na tabela (pontos extremos ou equidistantes); comparação feita entre valores (valor a valor). O que se deduz é a falta de sentido em tirar médias numa amostra e, por conseguinte, em atribuir erro a uma medida (VUOLO, 1992).

Por outro lado, o denominado Paradigma de Conjunto é caracterizado pela noção de que uma grandeza física experimental só pode ser determinada por meio de um valor numérico resultante de uma reunião de dados experimentais. Do ponto de vista da teoria de erros, admite-se que existe um “*valor verdadeiro ou valor alvo*” (VUOLO, 1992, p. 38) bem definido para toda grandeza física experimental que pode ser caracterizado por meio de um modelo para o fenômeno físico. Ocorre que esse valor é sempre desconhecido, pois fatalmente existem erros experimentais inevitáveis quando se realiza uma medição. Por melhores que sejam os métodos e os instrumentos de medida, o valor encontrado para a grandeza física será, em qualquer ocasião, uma aproximação ao valor alvo, ainda que evidentemente esse valor seja o objetivo final de um processo de medição de uma grandeza física experimental (VUOLO, 1992). Assim, faz-se necessário um número de medidas para formar uma distribuição que congregue certos valores particulares. Essencialmente, após se medir determinada grandeza física deve-se obter uma estimativa do espalhamento numérico do seu valor para avaliar quão adequada é a grandeza. Para isso, precisa-se indicar uma estimativa de quão afastado o resultado pode estar do valor verdadeiro, algo como, por exemplo (HELENE et al., 1991, p.15), na expressão 4:

$$\text{Resultado} = [\text{Estimativa do valor da grandeza medida}] \pm [\text{Estimativa do quão longe o valor verdadeiro pode estar da estimativa que temos dele}] \quad (4)$$

Desse entendimento, em havendo somente erro estatístico, a melhor informação para representar o valor alvo é obtida pela combinação do maior número de medidas possível. No caso de uma coleção de dados, o valor médio é a melhor estimativa do valor verdadeiro de uma medida. Ademais, a estimativa de quão longe se encontra essa média

do alvo é dada pelo desvio padrão da média. A apresentação do resultado de um experimento se dá na forma da expressão 5 (HELENE et al., 1991, p. 17):

$$\text{Resultado} = [\text{Valor Médio} \pm \text{Desvio Padrão da Média}] \quad (5)$$

O nível de confiança do resultado é de 68%, ou seja, o valor verdadeiro tem 68% de probabilidade de ser encontrado no intervalo dado pelo resultado da expressão 5. Essa expressão é o melhor que se pode fazer, no sentido de ser a forma mais completa de representar o resultado de um experimento, e a melhor delas entre todas as possíveis, sempre que os dados obedecerem à distribuição normal (HELENE et al., 1991). Com essa expressão pode-se fazer comparação entre amostras ou de uma evidência com uma ou mais teorias.

Nota-se que a comparação de dados entre duas ou mais amostras também é utilizada para checar a compatibilidade ou não de resultados de medições além de outras atribuições conforme descritas acima. Por exemplo, dois resultados de medida são considerados incompatíveis se os conjuntos-medida forem disjuntos, ou seja, os conjuntos não apresentarem dados comuns. Desse modo, admite-se que a medição mudou ou, então, que os procedimentos de medida utilizados não apresenta a exatidão que lhe foi atribuído (GONELLA, 1983 apud COELHO, 1993, p. 51).

Também, segundo Coelho (1993, p. 51), dir-se-á que dois resultados de medições de uma grandeza física experimental em ciências são tratados como medidas compatíveis (iguais) somente se os intervalos de valores de medidas de um conjunto-medida tiverem em comum uma zona onde eles estejam superpostos com os outros valores de medidas da outra amostra ao realizar a sobreposição das mesmas.

Em síntese, o Paradigma de Conjunto é caracterizado pela noção de que cada medida é só uma aproximação do verdadeiro valor e a divergência do verdadeiro valor é casual. Desse modo, várias medidas são exigidas para formar uma distribuição que agrupa alguns valores particulares ao redor do verdadeiro valor. A melhor informação relativa ao verdadeiro valor é obtida combinando-se as medidas que usam expansão teórica de proximidades para descrever a coletividade de dados. As ferramentas operacionais que estão disponíveis para este propósito incluem os procedimentos matemáticos formais que podem ser usados para caracterizar o conjunto como um todo que envolve uma média e um desvio padrão. Em troca, ambas, a média e o desvio padrão, se tornam uma ferramenta para fazer comparações com outros dados do conjunto ou com a teoria. Assim sendo, o Paradigma Pontual é suportado pela convicção de que a incerteza associada com a medida de uma

quantidade particular possa, em princípio, ser zero, enquanto, no Paradigma de Conjunto, é caracterizada pela compreensão de que sempre há um pouco de incerteza associada com qualquer medida.

2.2 FORMULAÇÃO DE PERGUNTAS

Para Vygotsky (1984), o desenvolvimento cognitivo possui uma relação de dependência entre a linguagem e a interação dela, graças à transição do nível intrapsicológico, para um pensamento verbalizado. Sendo assim, o autor acredita que os instrumentos de mediação entre o aluno e o objeto são fornecidos pela cultura na qual ele está inserido. Ou seja, a linguagem do contexto age como fundamental mediação entre ele e o conhecimento.

Na visão vygotskiana, a aquisição dos instrumentos de mediação não consiste apenas em que tais instrumentos sejam formados do meio social, mas sim apreendidos de forma interiorizada por intermédio de uma série de processos cognitivos. Vygotsky (1984) não concorda com a ideias de que os significados estejam na realidade e que sejam necessárias atividades indutivas para separá-los desse contexto. Contudo, o autor acredita que eles advêm do contexto social onde precisam ser interiorizados e assimilados por cada indivíduo de maneira única. Sendo assim, a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo são processos de assimilação internalizados nos quais as interações sociais externas se transformam em interações cognitivas internas do indivíduo.

Segundo Moreira (1999), uma grande parte dos processos de ensino encontra-se baseados na teoria de desenvolvimento cognitivo de Piaget. Diante de uma perspectiva que a mente humana tende, permanentemente, a aumentar seu grau de organização interna e de adaptação ao meio. Frente às novas informações, ocorrem desequilíbrios e conseqüente reestruturação (acomodação), a fim de construir novos esquemas de assimilação e atingir novo equilíbrio, garantindo um maior grau de desenvolvimento cognitivo. Dessa forma, educar ou ensinar em um sentido mais abrangente significa provocar o desequilíbrio no organismo (mente) da criança para que ela, procurando o reequilíbrio (equilíbrio majorante), se reestruture cognitivamente e aprenda (MOREIRA, 1999).

A fala, como uma linguagem discursiva, é uma representação privilegiada em relação às outras formas por se tratar de uma habilidade natural do indivíduo e, além disso, mediadora da aquisição e compreensão das outras linguagens. Da parte do professor, em razão de a forma discursiva possibilitar uma dinâmica em tempo real, ela torna possível o acompanhamento da perspectiva subjetiva do falante e do seu horizonte conceitual, durante a

construção do conhecimento científico (MORTIMER et al. 2000, p. 435). Para esse autor, manter um diálogo com os alunos favorece a produção de novos significados, permitindo a verificação e a regulação do encaminhamento dos pensamentos do aprendiz. A primazia dada à palavra deve ser destacada, já que uma condição para uma aprendizagem eficaz passa pela capacidade do aprendiz em realizar conversões entre a palavra oral ou escrita.

Para Lorencini (1995, p. 3), o questionamento ocorrido durante o diálogo entre professor e aluno é um procedimento básico para estimular a atividade mental reflexiva do estudante e orientá-lo na busca pessoal do conhecimento. Desse modo, o autor acredita que uma situação-problema consignada sob a forma de pergunta possa originar em uma resposta muitas vezes generalizada. Assim sendo, ele provoca perguntas ao estudante cada vez mais restritivas, levando o estudante ao desequilíbrio mental e diante das observações reestrutur cognitivamente e aprenda.

Também, destaca-se que qualquer entendimento verdadeiro é dialógico por natureza, e o privilégio dado à palavra, entre os modos representacionais para a avaliação do alcance da aprendizagem, pode ser resumido na seguinte paráfrase de Bakhtin (apud VOLOSHINOV, 1992):

Qualquer compreensão genuína compartilha uma resposta orientada em relação ao contexto da enunciação de outrem, e a cada palavra da enunciação que se está em processo de compreender, faz-se corresponder uma série de palavras próprias e quanto mais numerosas e substanciais forem estas, mais profundas e real será a compreensão.

A devida ocorrência de perguntas deve ser oportunizada em um espaço de incentivo permanente à interação dialógica entre professor e aluno, por meio da qual a aquisição dos novos conhecimentos científicos é negociada junto a uma insistente e extensa atividade argumentativa (LEITÃO 2003; KUHN 1993; SANTOS et al., 2001) e a exploração do pensamento crítico (BAILIN 2002; LABURÚ 1996; SIEGEL 1989) é, então, fundamental.

Mediando esse espaço discursivo, a formulação de perguntas é uma ótima ferramenta utilizada como uma habilidade didática do professor no processo de ensino e aprendizagem em sala de aula. Para Lorencini (2000, p. 34), as perguntas nesse contexto de ensino servem para estabelecer afinidades interativas e podem explorar os conhecimentos prévios dos alunos antes da introdução de um novo assunto, ou checar o alcance do conhecimento de um outro aprendizado mais recente. Esse autor comenta que em um ensino tradicional baseado na transmissão de informações a formulação de perguntas seja uma estratégia didática que promove novos conhecimentos aos estudantes nas aulas de ciências.

Entretanto, para que isso possa ocorrer tais perguntas provocativas devem levar o estudante a assumir uma posição ativa e reflexiva em um discurso na busca por respostas ao problema em questão.

O autor defende que o discurso reflexivo:

Permite ao professor construir um discurso com perguntas que exponham os conflitos e contradições que os alunos possuem, perante as suas próprias concepções. Ele gera conhecimento a partir do momento em que ocorrem as exposições das ideias dos estudantes em um processo de negociação de significados promovidos por meio da observação acerca dos conteúdos científicos. Nesse sentido, o professor evita intencionalmente a correção das respostas do aluno e mantém sua neutralidade perante o supostamente correto ou incorreto, para permitir aos alunos a oportunidade de pensar as questões por si próprios, ao invés de aceitar uma autoritária resposta correta (LORENCINI, 2000, p. 36 - 37).

Em um discurso reflexivo as perguntas levam os alunos a desenvolver competência e autonomia e, além disso, elas são regularmente suscitadas em vista de uma resposta do aluno e são elaboradas para “provocar” neles uma maior reflexão durante o discurso. As interpretações diante das perguntas permitem ao estudante desenvolver processos mentais que impliquem, análise, organização de idéias e uma elaboração mental do conhecimento. Desse modo, elas não podem ser tratadas na intenção de aumentar as informações acerca de um conteúdo, porém elas servem para buscar novas soluções para uma situação-problema. Assim sendo, as perguntas provocativas conduzem o estudante a uma investigação para obter um novo conhecimento por meio de um processo dinâmico.

De acordo com Lorencini (1995), as interpretações propiciam ao aluno pensar reflexivamente e podem ser consideradas como um instrumento de grande importância e valia para o ensino de Ciências durante a investigação de um fenômeno. O autor acredita que por ocasião das perguntas em sala de aula os estudantes decidem por recorrer aos seus conhecimentos prévios e, em seguida, frente a uma situação-problema, o estudante procura direcionar sua concentração sobre ela e seleciona algumas estratégias a serem adotadas para suas próximas ações em direção à solução do problema em estudo. Ao interagir com a atividade experimental, o aluno se apropria de novas informações obtidas por meio do intercâmbio entre ele e o professor.

Campos e Nigro (1999, p. 27) comentam que o estudante deve ser colocado diante de uma diversidade de situações que lhe permitam perceber as incoerências, o contrassenso entre seu sistema explicativo e os eventos que, de fato, ocorrem. Desse modo, as perguntas provocativas podem levar os estudantes a sentirem necessidades de modificar suas

redes de explicações por meio das respostas diante das situações, nas quais perceba um conflito entre suas explicações e algumas observações. Assim sendo, diante do conflito cognitivo ocorrido entre os conhecimentos prévios e as observações os estudantes possam adaptar as interpretações das observações ou dos resultados experimentais aos seus conhecimentos anteriores. Concebe-se desse jeito uma aprendizagem dada por observações decorrente de suas ações e explicações.

Segundo Vygotsky (1984), a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) encontra-se entre o desenvolvimento efetivo e o desenvolvimento potencial presentes nos indivíduos. Para esse autor, 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, ou seja, ele é caracterizado por mediadores externos já interiorizados pelo indivíduo. Por outro lado, o desenvolvimento potencial corresponderia ao que o sujeito seria capaz de executar com a ajuda de outros indivíduos ou de mediadores externos. Assim sendo, trata-se de determinar e selecionar os mediadores que o aluno poderia efetivamente utilizar externamente, mas que ainda não foram interiorizados.

De acordo com Lorencini (2000, p. 46), as reflexões promovidas em um discurso deve ser uma ajuda ajustada a uma determinada ZDP criada durante o processo interativo e, em função das perguntas provocativas, o aluno vai alterando e elaborando novas ideias durante o discurso. O autor, comenta que elas também podem levar o aluno a alterar e elaborar novas linhas de raciocínios durante a realização da atividade proposta para o estudo. Desse modo, as novas respostas dadas pelos estudantes os significados até então estariam adquirindo novas possibilidades de relações conceituais frente a novas situações de perguntas formuladas.

Nessa situação, as perguntas provocativas têm um papel fundamental para configurar as ZDP e atuar através de intervenções levando os participantes a refletirem diante das observações. Os processos de interação professor e aluno são essencialmente verbais, por isso o uso adequado da palavra permite avaliar e comparar as modificações, que eventualmente os esquemas de conhecimento sofrem ao longo da atividade experimental. Na ZDP, o significado da palavra corresponderia ao nível de desenvolvimento efetivo, comparativamente mais estável e fixo que o sentido e, este, por sua vez, corresponderia ao nível de desenvolvimento potencial, mais dinâmico e mutante. Desse modo, a ZDP criada entre o significado e o sentido da palavra possibilita que o significado seja dotado de sentido com a ajuda do professor.

Numa perspectiva construtivista, a aquisição e construção de significados são características do processo de aprendizagem significativa, no qual o significado lógico da atividade desenvolvida pelo professor se transforma em significado psicológico para o aluno, isto é, a atividade passa a ser significativa para o aluno (LORENCINI, 2000, p. 50). Desse modo, um processo de internalização, do ponto de vista de Vygotsky, no qual a formulação de perguntas será tão significativa, quanto mais significados o aluno atribuir às novas informações por interação com os seus esquemas de conhecimento. Assim, a interação entre o conteúdo científico e os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aluno requer intercâmbio de significados, propiciados pelo discurso, como admite a abordagem vygotskiana.

2.2 PROBLEMA DA PESQUISA

Numa medição, a interpretação de um resultado experimental 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. Conforme mencionado, anteriormente, pesquisas em ensino de ciências indicam que, de modo geral, estudantes jovens, e até universitários, interpretam inadequadamente os dados ao analisarem resultados de atividades experimentais para exibir conclusões (KANARI; MILLAR, 2004; BUFFLER et al., 2001; ALLIE et al., 1998; LUBBEN ; MILLAR, 1996; CAUZINILLE-MARMÉCHE et al., 1985).

Para as atividades investigativas que envolvem mensurações, pesquisas apontam que os estudantes carregam representações problemáticas ao se depararem com a realização de medidas. Em momentos de instrução, as orientações pedagógicas são consideradas prejudicadas, pois tais representações são enfrentadas com dificuldades, pois englobam compreensões dos estudantes que se opõem às científicas. Destacando, assim, a necessidade de se focar mais fortemente sobre o entendimento nos procedimentos relativos às medições em atividades experimentais na educação científica. Assim sendo, ressalta-se a importância da realização de investigações que busquem auxiliar o processo educacional nos procedimentos de medição em ensino de Física.

O presente estudo é de grande relevância e importância para o processo de ensino-aprendizagem de Física em qualquer nível de escolaridade. Tendo isso em vista, este trabalho delinea o seguinte problema:

Que avanços se conseguem obter das ideias dos estudantes a respeito do Paradigma Pontual quando eles se vêem engajados na obtenção de dados experimentais a

partir de uma série de perguntas provocativas? Ou, em outros termos, até que ponto as ideias vinculadas ao Paradigma Pontual, que a extensa maioria de estudantes traz para a sala de aula, sejam ultrapassadas por outras que consigam ser aproximadas às do Paradigma de Conjunto?

Como uma primeira justificativa para perseguir este problema, vê-se que é necessário mudar o entendimento dos estudantes na interpretação dos dados para exibir suas conclusões durante a observação de um fenômeno em uma atividade quantitativa. Com isso, permite desenvolver orientações didáticas com os mais variados objetivos, sejam eles fundamentados no teste de hipóteses ou na aplicação de um paradigma, de inclinações, popperiano ou kuhniano, ou segundo orientações verificacionistas ou indutivistas, mais corriqueiras e criticáveis. No geral, todos esses objetivos instrucionais requerem que se confrontem ou se comparem teoria e evidência, o que, por sua vez, implica estabelecer relações entre variáveis, processar dados quantitativos e usá-los para chegar a uma conclusão.

Já uma outra justificativa está baseada no número inexpressivo de pesquisas sobre medição em ensino de ciências com estudantes brasileiros. O currículo de ciências na Inglaterra, por exemplo, enfatiza a atenção à medição e, assim, os professores almejam instruir melhor os alunos nas instituições de ensino (KANARI; MILLAR, 2004).

Ademais, é possível realçar duas metodologias de investigação adotadas por muitos autores em pesquisas interessadas na compreensão dos estudantes sobre medição. Uma delas permite aos seus participantes obter seus próprios dados (KANARI; MILLAR, 2004; CAUZINILLE-MARMÉCHE et al., 1985) e a outra opta por fornecer todas as informações necessárias aos estudantes para permitir-lhes analisar os resultados e alcançar conclusões em relação a um determinado fenômeno (BUFFLER et al., 2001; ALLIE et al., 1998; LUBBEN ; MILLAR, 1996). Entretanto, em ambas as metodologias, os participantes deixam de “sentir” a dificuldade de retirada dos dados, ação permitida na presente pesquisa, ainda que as poucas investigações tenham assim concedido aos estudantes suas ações diretas na obtenção de seus dados. Portanto, além do problema inovador e da diferença metodológica, pesquisar-se-ão, neste estudo, os raciocínios dos estudantes brasileiros ao coletar, processar e comparar dados, cujos resultados podem distinguir-se dos estrangeiros, procurando-se fornecer ao educador um encaminhamento didático que venha ajudá-lo a instruir os estudantes a aprimorarem suas medições.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia de pesquisa utilizada neste estudo pode ser classificada como de natureza qualitativa. Isso, conforme Bogdan e Biklen (1994, p. 72-74), por não envolver uma das características comuns de uma abordagem quantitativa que é a realização de algum tratamento estatístico para análise dos dados. Por uma definição mais detalhada desse tipo de pesquisa (BOGDAN; BIKLEN, p. 47-51), formada por cinco características que abaixo são discutidas, procura-se reforçar essa classificação. Define-se essa pesquisa por suas características.

Pela primeira, procura-se obter os dados a partir das fontes diretas no contato do estudante com o investigador responsável pela pesquisa.

Pela segunda, os dados são recolhidos em forma de palavras ou imagens, incluindo-se transcrições de entrevistas e vídeos. Aqui, os dados¹ coletados são constituídos pelas respostas dos estudantes a uma entrevista.

Pela terceira, o investigador interessa-se mais pelo processo do que simplesmente pelo resultado ou produto. Nesse caso, ela procura mais entender como os participantes negociam os significados e como determinadas noções começaram a fazer parte daquilo que consideram ser o senso comum. Para essa investigação, interessar-se mais pelo processo significa compreender como o estudante trata as medidas durante a realização de uma atividade experimental ao coletar, processar e comparar seus dados com o auxílio de ideias intuitivas e aprimoradas.

Pela quarta, os dados são analisados de forma indutiva; assim, não se recolhem dados ou provas com o objetivo de confirmar ou infirmar hipóteses construídas previamente. Ao invés disso, as abstrações são construídas à medida que os dados particulares recolhidos forem se agrupando. De acordo com essa característica, é possível notar que não se levantou qualquer hipótese para ser testada. Conforme ela, o que se pretende é conhecer as possibilidades de avanço dos estudantes nos procedimentos de medição (coleta, processamento e comparação); e a preocupação volta-se para as ações utilizadas e justificadas por eles, em vez de simplesmente voltar-se para os resultados apresentados.

Por fim, pela quinta, o significado é de importância vital e há interesse em saber como os diferentes sujeitos interagem. Por essa característica se considera que os

¹ Os dados coletados para análise dos resultados individuais baseiam-se nas respostas dos estudantes a uma entrevista. Por outro lado, os dados obtidos pelos estudantes referem-se a uma amostra pictórica utilizada por eles durante o procedimento de comparação entre sua amostra e outras fictícias.

estudantes são diferenciados em diversos aspectos por suas histórias de vida e isso pode influenciar o desenvolvimento do conhecimento de forma individual. Assim, admite-se de antemão a possibilidade de uma heterogeneidade dos envolvimento dos alunos numa interação didática.

Justificada a metodologia desta pesquisa como qualitativa, as próximas seções apresentam a amostra, as atividades experimentais propostas aos estudantes, a entrevista semi-estruturada, mostram, enfim, como os dados foram constituídos e analisados.

3.1 AMOSTRA, CONSTITUIÇÃO E REGISTRO DOS DADOS

Os participantes da pesquisa foram o docente (autor da pesquisa) e uma amostra de 12 estudantes regulares, com faixa etária entre 14 e 16 anos, do primeiro ano do ensino médio de uma escola estadual pública da cidade de Londrina-PR. Os estudantes escolhidos foram aqueles que se mostraram interessados e de acordo com o horário de sua realização, pois a mesma ocorreu em horário normal de suas aulas. Desse modo, este estudo apresentou o seguinte problema:

Até que ponto as ideias dos estudantes no trato das medidas vinculadas ao Paradigma Pontual, que a extensa maioria de estudantes traz para a sala de aula, serão ultrapassadas por outras que consigam ser aproximadas às do Paradigma de Conjunto quando incitados a pensar sobre problemas de medição. Em outras palavras, será que as ideias dos estudantes do ensino médio levam em consideração o conjunto de dados ou não para inferir um bom resultado de medida da grandeza física? Assim sendo, utilizamos a entrevista semi-estruturada para obter as possíveis informações do tratamento que é dado por parte dos estudantes durante o procedimento de medição da grandeza física por meio de uma atividade experimental. A gravação, na íntegra e direta em áudio, foi o mecanismo de coleta de dados. Os dados coletados para as análises individuais dos resultados dos estudantes são advindos das transcrições da gravação de uma entrevista semi-estruturada para observar como eles procedem na obtenção de um resultado de medição.

Os comentários selecionados dos estudantes são apresentados sem correções gramaticais, retirando-se algumas palavras ou sentenças com pouca ou nenhuma pertinência para o objetivo desta pesquisa. Especificamente, os dados importantes são aqueles que permitem identificar os entendimentos e avanços dos estudantes em relação aos três procedimentos de medição.

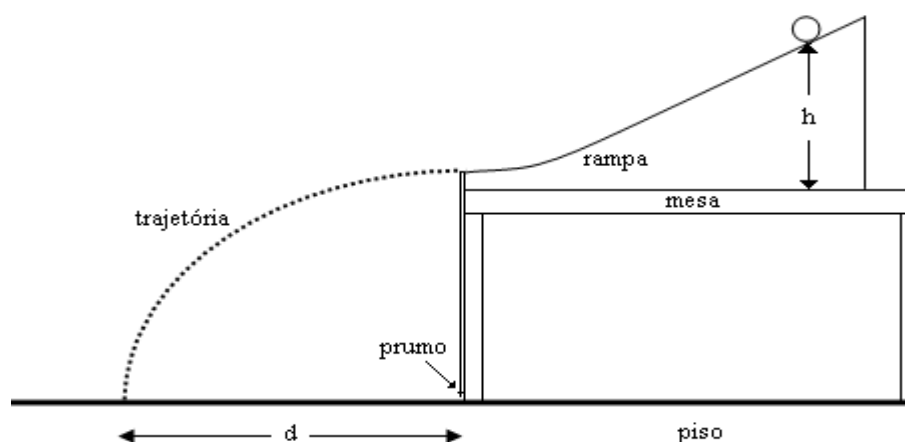
Para respeitar o anonimato dos entrevistados, substituíram-se os nomes verdadeiros dos participantes pela palavra ‘estudante’ seguida de uma numeração. Todas as transcrições das entrevistas individuais deles são apresentadas em forma itálica no corpo do texto da dissertação. Nas análises, foram acrescentados, entre parênteses, alguns termos ou explicações do observador aos comentários dos estudantes com o intuito de tornar o texto mais inteligível ao leitor.

3.2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL

De acordo com o objetivo desta pesquisa, optou-se por um experimento que permitisse aos alunos, durante uma medição, perceberem que há flutuação de dados em torno de um ponto médio, ainda que sejam cuidadosos na obtenção dos resultados.

O experimento (Figura 1) fornecido aos estudantes constitui-se de uma rampa inclinada pela qual se pode lançar uma bola (no caso, uma esfera maciça de ferro com diâmetro próximo de 1,3 cm e com peso de 150g) com uma velocidade horizontal que depende da altura de onde ela é solta. Nesse experimento, a rampa inclinada é posta sobre uma mesa de modo que a bola possa atingir o solo a uma distância d , quando solta a uma determinada altura h na rampa. Um prumo alinhado verticalmente indica a posição relativa no solo de onde a bola escapa no final da rampa. Na região do piso, onde ocorrem os impactos da bola, é afixada uma folha de papel sulfite superposta a uma folha de papel carbono. A finalidade é obter marcas no papel sulfite pelos choques da bolinha no solo, permitindo medir as distâncias, entre as marcas no papel e o ponto fixo indicado no piso pelo prumo.

Figura 1 – Experimento de lançamento para a determinação do alcance d de uma bola que é solta num plano inclinado a uma altura h em relação ao solo



A rampa inclinada, construída propriamente para esta pesquisa, é composta por um par de régua de acrílico de tamanho equivalente a 30 cm. Elas sofrem uma inclinação angular ϵ , na parte final, apresentam-se horizontalmente por alguns centímetros conforme a figura 1. Entre as régua, apresenta-se um pequeno afastamento que permite a bola rolar. O equipamento é fixo numa mesa de uma sala afastada das demais e mantido imóvel durante todas as experiências. A altura da mesa de apoio utilizada é de 82 cm em relação ao solo e a altura em que a bola é indicada para ser solta na rampa é de 12,50 cm referente à vertical da mesa.

Para medir as distâncias encontradas, régua de 50 cm e trenas ficam disponíveis aos estudantes. Cada distância é obtida pelo comprimento que vai da marca representada pelo prumo até a marca da bola após seu impacto na folha de sulfite colocada no solo. Por esse experimento, os estudantes devem encontrar a distância d referente ao lançamento da bola quando provocados por perguntas a realizar coletas, processamentos e comparações, estas últimas por resultados de outros experimentos entregues aos estudantes.

Esse experimento, já empregado nas pesquisas de Allie et al., (1998) e Buffler e Allie (2001), apresenta algumas peculiaridades apropriadas para o que se pretende. Primeiro, o experimento é simples, corriqueiro e fácil de realizar, não desvia a atenção do aluno em aspectos instrumentais ou em habilidades necessárias à sua realização, além do que o sujeito pode rapidamente ver o resultado, devido à sua representação pictórica, tornando-o menos abstrato do que os experimentos que se valem de instrumentos para fornecer dados numéricos diretamente. Segundo, o experimento é repetível e seu resultado pode ser aproximadamente estimado. Neste último ponto, ele permite que se saiba previamente o que

vai dar, diferentemente de outros experimentos nos quais não se tem a menor idéia do valor a ser obtido. Tal situação é fator de dificuldade para o que se deseja, conforme se pode concluir com Millar (1987, p. 115). Finalmente, o experimento apresenta erros aleatórios suficientemente elevados, por mais que se tome cuidado no lançamento da bola, permitindo realçar a característica inevitável desses erros. Nas investigações acima, os envolvidos não participaram na obtenção de seus dados.

3.3 A ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA

A entrevista semi-estruturada constitui-se de uma série de perguntas provocativas e de outras que se fazem necessárias ao longo de uma discussão individual. De forma individual, essa entrevista facilita a coleta de dados no contato direto do pesquisador com o estudante durante a realização de uma atividade experimental. Conforme Lüdke e André (1986), ela é importante para a coleta de dados qualitativos, pois permite a captação imediata e corrente da informação desejada. Ela possibilita que os participantes dêem suas respostas de forma livre, evitando as respostas simples que inviabilizariam a análise de alguns resultados com a finalidade de identificar os avanços obtidos pelos estudantes nas interpretações. A justificativa do uso desse tipo de entrevista encontra-se respaldada pelo aval de Fiorentini e Lorenzato (2006, p. 121) que afirmam:

A entrevista semi-estruturada permite ao pesquisador organizar um roteiro de pontos a serem contemplados durante a entrevista, podendo, de acordo com o desenvolvimento da entrevista, alterar a ordem dos mesmos e, inclusive, formular perguntas não previstas inicialmente.

A entrevista semi-estruturada foi realizada por meio de indagações durante a experiência, com duração de, aproximadamente, 35 minutos. As perguntas a serem apresentadas na próxima seção constituem-se de uma pergunta geral e de outras norteadoras para a realização do estudo do avanço dos estudantes nos procedimentos de medição. Algumas perguntas extras, dependentes de cada situação individual, foram também realizadas. A primeira pergunta, após a pergunta geral, foi elaborada para levar o estudante a repetir pelo menos cinco vezes o experimento na intenção de obter ao menos cinco valores no mínimo. A repetição do experimento, por cinco vezes pelo menos, foi proposta ao estudante para possibilitar-lhe a flutuação dos valores das medidas, considerando-se ser essa observação importante para avaliar suas reações e entendimento nos procedimentos de medição. Da

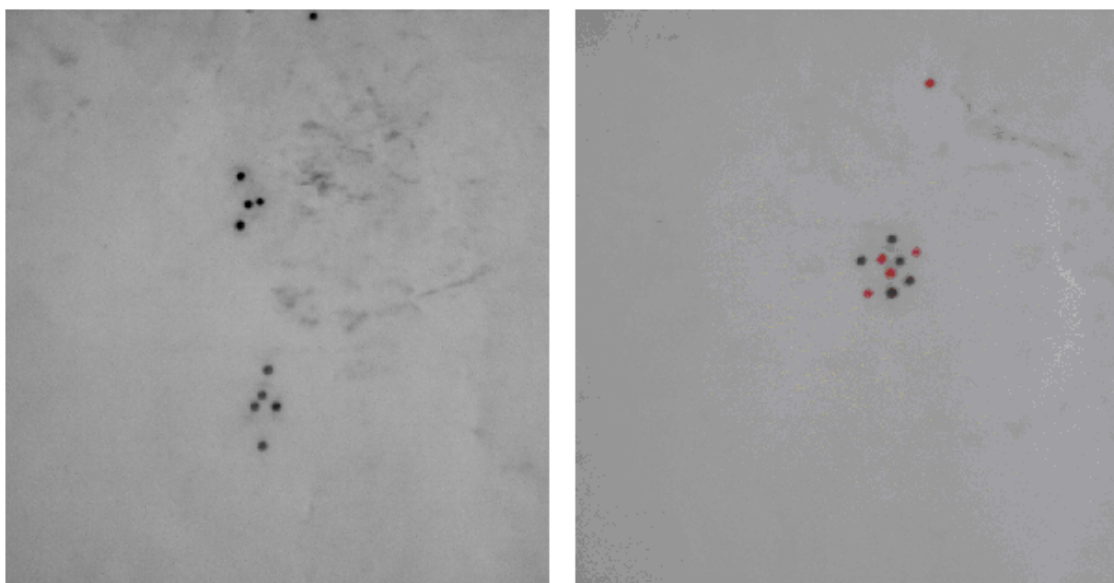
primeira à décima pergunta objetivou-se explorar os entendimentos de medição dos estudantes relacionados aos processos de coleta e processamento.

Após o estudante ter finalizado os processos de coleta e processamento da representação pictórica de cinco ou mais dados, iniciou-se a parte referente à comparação do procedimento experimental que, ligado à comparação, está dividido em duas etapas. Na primeira, entregou-se ao estudante uma primeira folha com duas outras distribuições de cinco dados cada uma (lado esquerdo da figura 2 abaixo), distintas daquela distribuição que ele próprio obteve, a fim de possibilitar a realização de comparações. Enquanto uma amostra consignada na parte superior da primeira folha tinha o alcance médio semelhante ao obtido pelo entrevistado, uma outra se mostrava deslocada, significando que a bola tinha sido lançada de uma altura menor. Com isso, teve-se a intenção de observar se e como os alunos comparavam as amostras, se percebiam que a amostra menos afastada era resultado de um lançamento de menor altura e se os critérios de análise de processamento utilizado para as duas amostras mantinham-se consistentes com os usados com os seus próprios dados. Nessa comparação, possibilitou-se ao estudante sobrepor a folha com seus resultados à folha dos dados experimentais que lhe foi entregue para auxiliá-lo a melhor visualizar as distribuições.

Ainda nessa primeira folha, há um valor anômalo em uma das amostras. Com isto se pretendia ver como o estudante reagia a esse dado, ou seja, se percebia a sua evidente discrepância, se o descartava ou não, se fornecia uma possível explicação para sua aparição etc. É preciso observar que a consideração sobre dado anômalo é típica do procedimento experimental ligado ao processamento de dados. A razão para tratá-lo, na comparação de dados, deve-se à possibilidade dele não ser naturalmente obtido na experiência do entrevistado, e, portanto, ser provocado neste momento da comparação. Ainda que o participante tenha desprezado o dado anômalo ao processar seus dados, ele foi arguido sobre o mesmo ao comparar dados.

Na segunda etapa, uma segunda folha é apresentada ao estudante. Essa folha ilustra duas distribuições de cinco dados interpolados (cinco pontos pretos e cinco vermelhos), constando também um dado anômalo (cf. lado direito da Figura 2). Assim como na primeira etapa, possibilitou-se ao estudante sobrepor as folhas uma à outra com os resultados experimentais. Ao sobrepor a folha da segunda etapa à dos dados obtidos do entrevistado, permitia-se ao aluno realizar avaliações sobre o alcance das três distribuições que eram coincidentes dentro dos erros experimentais, comparando-se os cinco dados que obteve com os das distribuições de dados pretos e os da distribuição de vermelhos, assim como entre essas duas últimas.

Figura 2 – Procedimento experimental relativo à parte da comparação: Etapa I, a figura da esquerda ilustra os dados da primeira folha entregue aos estudantes; Etapa II, a figura da direita ilustra os dados da segunda folha entregue.



Um detalhe considerado pelo investigador como importante para ser mencionado refere-se aos termos “distância” e “soltar” que são usados em muitas perguntas na entrevista. Inicialmente, durante a fase de cunho exploratório e teste de fidedignidade das perguntas elaboradas na realização das entrevistas, os termos usados eram outros, respectivamente, “alcance” e “lançar”. No entanto, algumas confusões dos estudantes a respeito desses termos iniciais foram percebidas. Quanto ao termo “alcance”, constatou-se que vários estudantes associavam-no à ideia de distância máxima, ou seja, à marca de maior distância encontrada. Em relação ao termo “lançamento”, muitos estudantes atribuíam a ideia de imprimir um pequeno impulso na bola na parte indicada na rampa, dando-lhe uma pequena velocidade inicial. A partir desses problemas encontrados nessa fase exploratória da pesquisa, optou-se, aqui, por usar os termos “distância” e “soltar”, respectivamente.

3.3.1 Perguntas Utilizadas nas Entrevistas

As indagações a seguir tiveram o objetivo de chamar a atenção do aluno entrevistado para Problemas-chave que ocorrem numa medição e provavelmente nunca foram levados em consideração por ele. Tentou-se, com essas perguntas, conflitar as opiniões de

senso comum a fim de direcioná-los para problemas de procedimento de medição e, com isso, suscitar inferências novas que ultrapassem as suas limitadas ideias sobre o assunto.

Questão de cunho geral (proposto como um problema para o estudante resolver):

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa?

Perguntas provocativas relativas ao procedimento experimental de coleta e processamento:

Pergunta 1 - *O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez (ou mais “n” vezes) da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. Faça e veja.*

A pergunta 1 era repetida até a amostra de dados contar com pelo menos cinco resultados.

Pergunta 2 - *O que levou você a realizar essas repetições do experimento de soltar a bolinha da posição indicada na rampa?*

Pergunta 3 - *Você pode justificar por que a bolinha caiu no mesmo lugar ou em lugar diferente?*

Pergunta 4 - *O que você deveria fazer para que a bolinha caísse no mesmo lugar?*

Pergunta 5 - *Por que a bolinha não caiu no mesmo lugar? O que deve estar acontecendo? Justifique sua resposta.*

Pergunta 6 - *Como você soltaria a bolinha para que ela pudesse cair exatamente no mesmo lugar?*

Pergunta 7 - *O que significa esse resultado para você?*

Pergunta 8 - *Como você justifica os resultados diferentes se os lançamentos da bolinha foram (ou não?) realizados da mesma posição na rampa? Justifique sua resposta.*

Pergunta 9 - *O que significa o dado mais distante para você?*

Pergunta 10 - *Por que você desprezou esse(s) resultado(s)?*

As perguntas de 2 a 10, decorrentes da questão 1, foram conduzidas de acordo com o comportamento individual de cada estudante.

Perguntas provocativas relativas ao procedimento experimental de comparação:

Etapa I

Após a finalização das perguntas de coleta e processamento, entregou-se ao estudante a folha da etapa I para iniciar a comparação de dados. Para essa situação, as perguntas foram:

Pergunta I 1 - *A folha apresenta duas distribuições de dados. Qual é o valor da distância para cada uma das duas distribuições levando em conta de acordo com o que você fez na distribuição que encontrou experimentalmente? Compare a distância que você encontrou pela distribuição dos seus dados com a de cada uma dessas duas distribuições*

Pergunta I 2 - *Como você interpreta a medida mais distante na distribuição superior de cinco dados?*

Pergunta I 3 - *Para cada comparação de duas distribuições, qual distância você indica como maior, menor ou igual? Justifique sua resposta*

Pergunta I 4 - *As duas distribuições foram realizadas com lançamentos da mesma posição da rampa?*

Etapa II

Após a etapa I, a folha da etapa II foi entregue aos alunos seguida pelas perguntas:

Pergunta II 1 - *Qual é o valor da distância para cada uma das duas distribuições levando em conta o que você fez com os dados que encontrou experimentalmente? Compare a distância que você encontrou pela distribuição dos seus dados com a de cada uma dessas duas distribuições.*

Pergunta II 2 - *Para cada comparação de duas distribuições, que distância você indica como maior, menor ou igual? Justifique sua resposta.*

Pergunta II 3 - *Os sujeitos fizeram lançamentos da mesma posição da rampa que você fez? Justifique sua resposta.*

Perguntas Complementares:

Além de todas as perguntas acima, alguns exemplos de perguntas que, aleatoriamente e dependentes de cada caso, foram necessariamente acrescentadas são: *O que você vai fazer?; O que você acha deste resultado?; O que você observou?; Você soltou da mesma posição da rampa?; Você tem explicação para isso?; Por que você escolheu esse valor?; O que representam esses resultados?; Por que você acha isso?; O que você faz com os outros resultados?; Você tem justificativa?; Qual seria uma boa estimativa de medida da distância da bolinha no solo?; O que ocorreu nesse caso?*

3.4 MÉTODOS E ASPECTOS PARA AS ANÁLISES

A fim de conformar o objetivo deste estudo, os dados foram perscrutados segundo o método analítico longitudinal. Sendo assim, acompanham-se os desempenhos de cada estudante individualmente, fazendo-se a análise dos três procedimentos de medição. Esse método possibilita seguir uma visão aprofundada do alcance de cada sujeito em razão das provocações que lhe são feitas por meio das perguntas.

O critério de análise considerado para o limite de avanço conquistado pelo estudante e que foi provocado pelas perguntas tem como base a comparação com os princípios do Paradigma de Conjunto relativos à coleta, processamento e comparação. Em termos mais específicos, na coleta a intenção foi identificar o propósito dos estudantes quanto a realizar medidas de uma mesma quantidade. Procurou-se observar se os estudantes repetem ou não as medições, que motivos têm para assim proceder e como interpretam os resultados que obtiveram em razão de suas ações. Nesse sentido, buscou-se observar se o sujeito chega a se apropriar do entendimento de que uma medida apresenta uma incerteza em seu valor, em decorrência de causas inevitáveis e inerentes ao experimento, havendo necessidade de repetições e reunião de dados para determinar o alcance da medida experimental procurada.

Para o processamento, fundamentalmente, procurou-se entender como os estudantes atuam perante um conjunto de valores de uma amostra. Verificou-se de que maneira os estudantes avaliam os dados, se os avaliam, caso a caso, independentemente ou em conjunto, como fazem para fornecer o melhor resultado da medição, que importância dão ao valor médio, à mediana, ao valor mais provável ou a outro critério qualquer. Também, procurou-se saber se os estudantes percebem que uma medição sempre apresenta uma incerteza e, por conseguinte, vêem a necessidade da existência de um intervalo de valores inerentes a uma amostra e que importância essas considerações têm para a especificação do alcance da bola, ou seja, para a resposta do problema central colocado. Para o caso dos dados anômalos, além das interpretações que são dadas para sua aparição, buscou-se perceber se os sujeitos desprezam ou não essa medida, porque o fazem em qualquer dessas situações, se a contrastam e a levam em consideração e se eles têm ideias das razões do surgimento desse dado.

No procedimento voltado para a comparação, avaliou-se a forma como os estudantes cotejam duas ou mais amostras. Nesse caso, o primeiro objetivo foi observar se o aluno mantém coerência no trato dos dados das amostras individuais e no procedimento no momento de processar os dados. Outro objetivo foi investigar se há percepção de

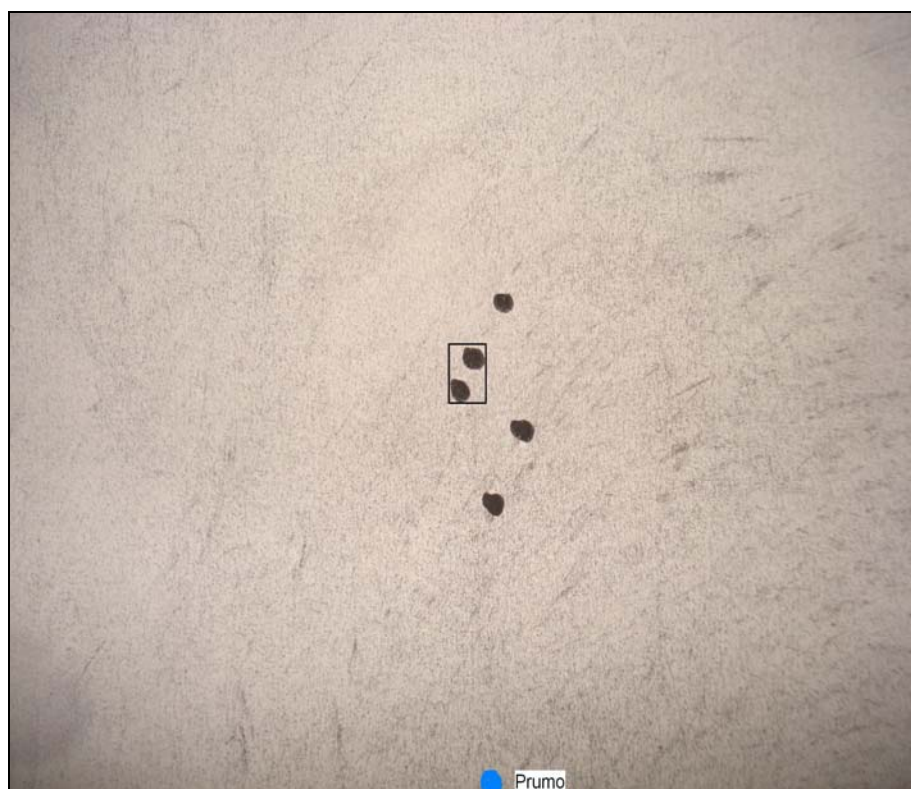
compatibilidade entre amostras equivalentes ou diferentes, o que neste experimento significa lançar bolas de alturas iguais ou diferentes, respectivamente. Os quesitos analíticos para isso estão direcionados para a avaliação do estudante em relação ao aspecto do valor representativo do alcance de cada conjunto de lançamentos de bolas entre si, observando-se se o sujeito valoriza simultaneamente os intervalos de flutuação de cada amostra que está em processo de comparação. Em outras palavras, averiguou-se se o sujeito chega à decisão sobre o alcance de duas amostras pelas estimativas de algo próximo à noção de “valores médios e intervalos de incertezas” das amostras. Ainda nesse ponto, investigou-se também o aspecto envolvido com a sobreposição de dados ou não nas distribuições de amostras submetidas a cotejamento. Igualmente, acompanhou-se o entendimento desse aspecto na tomada de decisão sobre as variações das medidas e das distâncias do alcance na comparação das amostras.

4 ANÁLISE DOS DADOS

Inicialmente, antes da realização de cada análise individual, é apresentada uma figura que ilustra a distribuição de dados encontrada pelo estudante justamente com a direção da localização do prumo, indicado por um ponto fictício, a fim de permitir ao leitor um melhor acompanhamento das análises dos resultados.

4.1 ESTUDANTE 1

Figura 3 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 1.



Coleta

O estudante realizou inicialmente uma única medição e respondeu para a questão geral o valor de 47cm (“*deu 47cm*”), arredondando o que afirmou ter encontrado 47,3cm (“*deu 47,3cm*”). Embora esse aluno tenha realizado um arredondamento, desprezando os 3mm, ele ignora os erros experimentais pelo comentário: “*Eu acho que não (há erro/diferença), pois o impulso não influencia nada*”. Pelas ações e falas do estudante, é

possível afirmar que ele finalizaria o processo de coleta, restringindo-o a uma única medida, indicando entendimentos pertencentes ao paradigma Pontual.

Somente após ser questionado sobre o que julgava do resultado que obteve, o estudante motivou-se a repetir a coleta ao dizer: “*Posso fazer de novo... para ver (constatar) se a bolinha vai cair no mesmo ponto*”. Condizente com o paradigma Pontual, as expressões do estudante, nesse comentário, permitem a interpretação de um pensamento no qual a obtenção de uma outra medida é desnecessária, pois se constatariam os mesmos resultados. Todavia, ele deparou-se com um resultado maior para distância na segunda medida e respondeu: “*Agora eu acho que deu 48cm. O primeiro deu 47cm e o segundo deu 48cm*”. E assim refletiu diante dos dois resultados: “*Eu não tenho certeza se este aqui (primeiro resultado) é o correto, (por) que às vezes eu posso ter dado um (pequeno) impulso. E (portanto) a primeira (bolinha lançada) foi mais longe*”.

Pode-se dizer que a conduta didática foi importante para que ele, nesse momento, considerasse um entendimento contrário, o de uma possível influência de um impulso manual para a variação do resultado experimental, ao que inicialmente apresentara. Porém, é possível afirmar também que ele ainda manteve uma ideia de medida sem erros experimentais quando a experiência é bem feita, na sensação de que a repetição é importante para sentir e controlar a influência, por exemplo, do impulso manual, ao soltar a bolinha, podendo eliminá-lo. Os próximos comentários do estudante fortalecem essa interpretação.

Processamento

Diante dos dois resultados, ele indica a primeira medida (“47cm”) em resposta à questão geral. Pode-se dizer que o entendimento do estudante no processamento está em selecionar o resultado da experiência onde houve maior cautela em reduzir os erros. Isso porque, além do impulso já mencionado, preocupou-se com a posição de lançamento. Segundo ele: “*A primeira (medida é a resposta), porque eu coloquei no lugar mais correto (indicado na rampa). O primeiro (lançamento) eu coloquei certinho aqui na seta indicada na rampa e a segunda eu coloquei (um pouquinho) mais acima na rampa e ela foi mais longe (48cm)*”. Ainda que tenha selecionado o primeiro resultado, até então, o estudante apresenta um entendimento que caracteriza a crença de que o aprimoramento da sua prática, pelo treinamento sucessivo, minimiza os seus erros de ação de tal forma que ele imagina poder selecionar, com ótima destreza, uma única medida para a correta distância como resultado de um melhor lançamento.

Por outro lado, pode-se dizer que o segundo resultado foi importante para começar a despertar a percepção da dificuldade de se obter resultados idênticos. Ao ser direcionado para fazer mais três lançamentos, essa dificuldade é comprovada na seguinte previsão do estudante: *“Pelo que eu vi desses dois lançamentos que eu fiz, eu acho que (os próximos três resultados pedidos) seriam diferentes”*. Realizados, assim ele observou: *“O quinto caiu próximo do segundo, quase na mesma distância”*. E explicou: *“Eu acho que isto se deve à velocidade da bolinha que ela percorreu até cair. Eu acho que se deve ao jeito que eu soltei a bolinha. Eu vou escolher 48cm pelas duas que caíram muito próximas. Pelo segundo e quinto que caíram próximos e foram os dois que eu procurei acertar mais na hora de soltar a bolinha. (Portanto) Eu fico com o valor de 48cm”*.

É interessante notar como os novos resultados induziram o estudante a alterar a resposta para 48cm. Embora ele mantenha a preocupação de considerar os resultados coincidentes ou que estejam próximos, associando-os com as ações que julgue de maior cautela em evitar erros nos lançamentos, nota-se um avanço no processamento em razão de ele apresentar um valor que melhor represente o conjunto dos dados considerados, ao invés de selecionar um único valor como originalmente o fez. Esse avanço pode ser visto na seguinte justificativa: *“Eu fico com o valor de 48cm, pela média das duas (medidas segunda e quinta)”*. O desprezo aos outros dados deve-se ao entendimento de que eles são inadequados devido às suas imperícias. Esses dados foram interpretados pelo estudante como resultados de experiências mal realizadas, sendo inadequados ao conjunto de dados considerados que podem ser computados para a média que realizou em resposta à questão geral.

Comparação

Na etapa I, o estudante inicialmente respondeu: *“Eu estou comparando. Os lançamentos deram quase igual aos meus, somente o que mudou é que o segundo e o quinto (meus) saíram quase juntos e aqui foram esses dois (que ficaram próximos). As distâncias dele (distribuição inferior da fig. II) só alteraram no decorrer dele lançar as bolinhas. É diferente”*. E assim comparou: *“Eu acho que o meu alcance (da minha distribuição) foi maior (que o da distribuição inferior da fig. II)”*. E justificou: *“Eu acho que assim dá para tirar uma média do ponto que a bolinha pode alcançar, porque de cinco lançamentos, três pontos foram bem diferentes desses dois pontos e aqui os dois pontos caíram juntos e a distância ficou menor”*. Pode-se notar que o estudante mantém o mesmo raciocínio de processar os dados para efetuar comparações, isto é, considera alguns pontos coincidentes ou que estejam próximos para fazer uma média. Outro comentário que reforça essa interpretação é o seguinte:

“*Eu pegaria o valor da distância dos dois (pontos que selecionou da distribuição inferior) e faria uma média. Vamos supor que esse fosse de 31cm e (o outro) 30cm. Eu faria uma média dos dois*”. É preciso dizer que, neste instante, o raciocínio do estudante representa um avanço ao paradigma de Conjunto, pois a comparação não é ponto a ponto (dado a dado), mas entre médias.

Na etapa II, assim ele avaliou os dados pretos e vermelhos: “*Esses dois lançamentos já dá uma diferença na distância. E esses dois caíram no mesmo ponto. E esse daqui caiu mais (distância menor) junto a esse*”. “(Para comparar) *eu tiraria uma medida desses pontos para tirar uma média*”. Esses comentários mostram que o estudante manteve o entendimento pelo qual se faz o processamento de selecionar as distâncias de marcas coincidentes ou próximas para efetuar médias e depois compará-las, sem considerar todo o conjunto. Coerentemente com seus raciocínios prévios, ele desconsidera quase a metade dos resultados obtidos como inadequados, excluindo-os por entender que devem ser mal realizados devido à imperícia.

Pode-se dizer que o estudante apresentou um avanço em seu procedimento experimental em função das provocações realizadas. Sem elas ele pararia na coleta de um único ponto (medida) para responder à questão geral e, como se mostrou, acabou por considerar os mais próximos e uma média entre eles, raciocínio então mais compatível com o paradigma de Conjunto.

4.2 ESTUDANTE 2

Figura 4 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 2Coleta

Este estudante primeiramente realizou dois lançamentos da posição indicada na rampa e assim justificou as intenções em suas ações: *“Eu quero ver se a bolinha vai cair no mesmo lugar. Se vai ser a mesma distância ou se pode variar”*. Apesar de ter encontrado uma variação entre os resultados, a surpresa, vista no comentário: *“Eu achei que pudesse cair no mesmo lugar”*, revela que ele mantinha uma previsão compatível com a do paradigma Pontual, no qual há uma confiança em se obter medidas iguais. Logo, sendo questionado pelo educador: *“Você não consegue fazer a bolinha cair no mesmo lugar?”*, ele moveu-se a fazer outro lançamento e assim comentou sobre o resultado: *“Aí (que bom)... agora (enfim) caiu perto”*. E explicou a variação anterior pelo argumento: *“Talvez porque da outra vez eu coloquei mais para cima (na rampa). Eu acho que depende de achar o ponto certo na rampa. Eu posso fazer mais dois?”*. Tentativa essa que indica, nesse momento, seu interesse em obter valores repetitivos para a grandeza distância na resolução do problema.

Dada a liberdade de repetições, a reação do estudante, perante esses outros dois resultados, então inesperados a ele devido às variações observadas, foi de um abalo em suas noções compatíveis com o paradigma Pontual. Todavia, reação ainda insuficiente para descaracterizar a crença na obtenção de uma medida como resultado de um valor sem erros

que, devido ao treino, ele disse poder ser alcançado (*“É muito difícil. Deve ser difícil achar um ponto para fazer a bolinha pingar no mesmo lugar. Só com muito treino”*). Diante disso, o educador o provocou: ‘Então treine!’. O estudante, sob os devidos cuidados (pensando em voz alta: *“Se eu colocar a bolinha bem retinha aqui e soltar... agora eu achei* (a posição certa para o lançamento)”), realizou mais dois lançamentos, acreditando que a variação das distâncias é decorrente das condições experimentais, especificamente, da posição inicial de lançamento da bolinha. E, mais uma vez, aparentou descontentar-se com os resultados agora obtidos (*“de novo... Ahh... o que é isso meu! Um, dois, três, quatro, cinco, seis, sete marcas e não caiu no mesmo lugar. Eu não estou achando o lugar certinho na rampa? (não é possível) Eu vou fazer mais um”*). Neste instante, porém, já se pode observar uma variação em sua previsão inicial: *“(mas agora eu digo que) essa bolinha não vai cair no mesmo lugar. Nem a poder de bomba ela cai (no mesmo lugar)”*. E o educador, por outro lado, insistiu na provocação dizendo: ‘Você não consegue achar a posição certa da rampa?’. Respondeu já com certa dúvida o estudante: *“Pode ser que eu ache. Porque uma (bolinha) vai mais para frente e a outra vai mais para trás. Eu acho que vai desse negócio aqui da posição de onde ela está saindo”*. Contudo, logo se certificou: *“Ahh..., acho que no mesmo lugarzinho ela não vai cair. Ela (a bolinha) vai cair próximo. Eu acho que aqui tem algum negócio. Não tem uma resposta correta (relativo à uma única medida). Eu acho que tem uma resposta aproximada. E não tem uma medida certa. Tem uma resposta aproximada”*.

Por essas reflexões, é possível dizer que esse encaminhamento didático, atrelado ao tipo de experimento selecionado, permitiu um avanço nos entendimentos do estudante no procedimento de coleta por ele alcançar uma noção a respeito da incerteza da medida.

Processamento

O estudante assim processou os resultados à questão geral: *“Entre 44,8cm e 45,5cm. Elas (as marcas da bolinha) caíram dentro desses dois valores. Eu daria 45cm”*. O estudante, embora não tenha calculado a média aritmética (45,1cm), apresentou um resultado aproximado com raciocínio semelhante na justificação: *“Porque é o (valor) que está mais perto (que engloba) entre o 44,8cm e o 45,5cm. É o (valor) que está aqui no meio”*. Pode-se dizer que esse entendimento mostra-se compatível com o paradigma de Conjunto na consideração de um resultado que represente um conjunto de valores num intervalo. Essas reflexões, alcançadas por consequência das interações anteriores, mostram um avanço no

raciocínio do estudante por ele avaliar a flutuação das medidas ao inferir o resultado da medição.

Comparação

Na etapa I ele assim observou: “Nossa, as marcas dele estão todas mais separadas. Nossa, deu muito diferente do meu. Nossa...”. E concluiu: “Eu daria uns 42,5cm (distribuição inferior), porque caíram duas bolinhas mais perto uma das outras aqui. E, aqui (distribuição superior), também porque caíram duas bolinhas mais perto (próximas) uma das outras nesse meio. Eu daria o valor de 48cm”. Pode-se notar que o estudante apresentou um raciocínio interessante na compatibilidade com o de se desprezar dados anômalos ao desconsiderar não somente o dado afastado da distribuição superior, mas os demais dados que não estiveram próximos nas distribuições. Raciocínio este que considera as medidas como sendo algo provável de ocorrer, porém, para um resultado de medição que se encontra entre medidas próximas.

Também é possível dizer que o estudante desconsiderou, em seu processamento, um dado obtido sob uma condição experimental diferente àquela em que obtém os demais dados que se apresentam próximos (“com base no meu, a única que caiu mais longe (e que também desprezei) foi aquela que eu soltei de cima da rampa, (propositadamente para testar) no lugar mais alto”).

Já na etapa II, o seu raciocínio de processar dados manteve-se para efetuar comparações, a exemplo da comparação entre as marcas pretas e as suas. Assim ele processou o resultado para as marcas pretas: “Eu daria 48cm. Porque o valor da primeira marca é de 47cm e o valor da outra marca é de 48,8cm”. Portanto, o estudante apontou como uma boa estimativa de medida um resultado de medição pertinente a um intervalo de medidas. Resultado que é representante de um bom avanço no processo de medição em direção ao paradigma de Conjunto, pois a média dessa dispersão encontra-se bem próxima de 48cm.

estudante manifestou a crença na qual, sob a mesma condição experimental, a eliminação dos erros experimentais seja unicamente decorrente da posição de lançamento da esfera a ser controlada. Com isso, o educador realizou outra provocação: ‘O que deve ocorrer com a bolinha se você soltá-la da posição certa, conforme você disse?’. E agora por resgatar a percepção que teve sobre a dificuldade de se obter resultados iguais, respondeu: *“Ela pode cair no mesmo local. Ela (bolinha) tem mais chance de cair no mesmo local. Não é certeza que ela vai cair no mesmo local, só que, como eu fiz dois lançamentos do mesmo local na rampa e eles caíram iguais, então ela tem maior probabilidade de cair”*. É possível dizer que mesmo o estudante, sofrendo a provocação que o levou a refletir sobre ideias do paradigma Pontual², priorizou um raciocínio mais voltado à ocorrência de um valor probabilístico.

A provocação realizada foi importante para proporcionar-lhe o interesse em realizar novos lançamentos no estudo do fenômeno (*“Eu gostaria de fazer mais três lançamentos para eu poder formular minha idéia”*) e assim ele os observou: *“Dois lançamentos caíram, bem dizer, quase no mesmo local e um caiu um pouquinho mais para frente. Agora, desses dez lançamentos que eu fiz, quatro caíram no mesmo local”*. E para o questionamento do educador: ‘O que deve estar acontecendo?’, diante da sua obtenção de medidas iguais, ele afirmou: *“Elas caíram no valor de 48,7cm. Aqui tem uma variação desses valores”*. Prosseguiu o educador: ‘O que isso significa para você?’. *“Uma variação é quando o negócio (a medida) não é certo (certa). Não vai cair no mesmo local, ela (a bolinha) pode cair antes ou cair depois. Ela (medida) pode sofrer uma variação. No meu caso, ela (variação) ocorreu entre 47,2cm a 49cm. Foi o lançamento mais perto até o mais longe”*.

Pode-se dizer que o estudante caracterizou uma percepção de flutuação dos dados ao tratar a medida como passível de se encontrar em pontos diferentes, para mais ou para menos, demonstrando um entendimento durante a atividade experimental de que a medida é incerta quanto ao valor. Sem as reflexões suscitadas por questões provocativas o estudante permaneceria na coleta de cinco dados para responder à questão geral e sentir-se-ia um tanto inseguro sobre como tratar o fenômeno.

Processamento

Com as dez medidas obtidas, assim procedeu para responder à questão geral: “Eu vou tentar fazer uma média. Eu somaria as distâncias dos dez lançamentos e,

² Embora o encaminhamento didático esteja interessado em avançar para entendimentos compatíveis aos do paradigma de Conjunto, essa situação específica mostra que determinadas provocações para reflexões compatíveis com as do paradigma Pontual também podem ser importantes para o enfraquecimento destas últimas.

depois eu ia dividir por dez. A média é de 48,14 cm”. Embora ele se mostrasse, até então, atento em considerar as medidas coincidentes ou próximas, atribuindo-as ao empenho em evitar descuido nos lançamentos, nota-se que ele caracterizou um avanço na definição da medida em razão de apresentar um valor que melhor representasse o conjunto dos dados considerados, ao invés de selecionar um único valor. Ao ser interrogado sobre o significado do resultado, esse avanço pode ser visto na seguinte justificativa: “Ele (o resultado da média) significa que é mais ou menos o centro da variação...que é onde ela tem mais chance de cair. O centro é de 48,14 cm que vai de 47,2 cm até 49 cm. Faz um círculo que a extremidade é 49 cm e o meio é de 48,14 e a outra ponta é de 47,2 cm”. E então, o educador o provocou, interrogando-o: ‘Como é que a bolinha vai cair nesse resultado?’. E ele: “Ela não vai cair nesse valor, ela pode cair. Ela vai cair bem próxima”.

O estudante, ao processar seus dados, escolheu uma média para representar a distribuição de seus dados, em cujo resultado obtido levou-se em consideração até mesmo os valores de medidas iguais. Pode-se dizer que esse entendimento mostra-se compatível com o Paradigma de Conjunto na consideração de um resultado que represente um conjunto de valores num intervalo.

Comparação

Na etapa I, o estudante assim respondeu com relação à distribuição superior: “Se fosse eu daria o valor de 47,9 cm que é mais ou menos o centro onde ela tem mais probabilidade dela cair. Porque os lançamentos dele foi (foram) bem parecidos com os meus. Teve uma variação. De cinco lançamentos, um aqui deu 50cm e eu não vou utilizar porque não vai se repetir. Dos quatro lançamentos, eu tomo o centro que é mais provável dela cair nessa área”. Pode-se observar, nesse comentário, que o estudante, por intuição, ignora adequadamente o dado diferenciado (dado distante) da distribuição devido ao seu entendimento de a condição experimental diferir daquela que propiciou os demais dados próximos, tratando-o como um dado raro que não se repetirá. Em relação à distribuição inferior ele respondeu: “Deu 42,2cm. Aqui, ocorreu uma maior concentração de bolinhas, três nesse local”. Já na comparação entre as duas distribuições, ele afirmou: “O valor da distância do sujeito 1 é maior que a distância do sujeito 2 porque ele lançou a bolinha mais acima na rampa”. E, quanto à sua distribuição e à superior que ele julgou estarem próximas (“...eu acredito que os lançamentos do sujeito 1 são bem parecidos com os meus”), disse: “A minha (o resultado) é um pouquinho maior”.

Pelos comentários acima, pode-se dizer que o estudante não manteve o mesmo raciocínio de processar dados, decidindo por médias qualitativas³ ao supor valores (47,9cm e 42,2cm) sem realizações de cálculo. A primeira média qualitativa foi suposta na avaliação das posições de quatro dados próximos, desconsiderando o dado mais afastado da distribuição. A segunda foi feita desprezando, intuitivamente, dois dados como se fossem anômalos. Esse raciocínio trata a medida como algo provável, cujo valor pode estar num considerado intervalo de medidas próximas. E que, para os valores que ele apresentou qualitativamente, estes mantiveram boas proximidades com as respectivas médias aritméticas de 48cm e 42,2cm das distribuições, então coerentes com o paradigma de Conjunto. A interpretação desse raciocínio do estudante é ainda reforçada no comentário: “Se fosse ele eu faria o mesmo processo que é tomar o centro porque é onde tem mais probabilidade da bolinha cair. Ela (a probabilidade maior está entre) vai variar entre 47,2cm a 48,7cm”.

Ao ser interrogado a respeito de seu entendimento sobre a variação das medidas na comparação, ele comentou: “Significa onde ocorreu uma maior concentração das deles e das minha(s). Tem uma variação. A minha vai de 47,2cm a 49cm e a dele vai de 47,2cm a 48,7cm. Isto significa que nós soltamos a bolinha do mesmo local. Significa que elas estão bem próximas. Igualdades entre os lançamentos. O centro (da distribuição dos dados) dele está um pouquinho antes do meu, mas está no centro os meus lançamentos e o(s) dele está(ão) no(s) local(is) onde tem maior probabilidade de cair”. Pode-se dizer que o estudante demonstrou compreender que as diferentes distribuições da etapa I tratavam da relação existente entre a distância com a altura de lançamento. Ademais, o estudante realizou comparações não somente por meio de médias qualitativas, mas por intersecções de intervalos de medidas probabilísticos, não se baseando numa análise ponto a ponto.

Na etapa II, para as marcas pretas, assim ele disse: “O primeiro deu 47cm; 47,4cm; 48cm; 48,5cm; e 47,9cm. Eu somei esses valores e fiz a divisão do resultado por cinco e deu a média de 47,9cm”. E assim para as marcas vermelhas: “O primeiro deu 46,9cm; 47,4cm; 48cm; 47,9cm e 52,5cm. A média dele foi de 48,5cm”. E na comparação entre os seus dados e os da distribuição de marcas pretas ele disse: “Eu falo que são iguais porque elas estão no mesmo lugar, próximas. Agora pela visualização (por sobreposição) elas são iguais”. Já para a comparação de seus dados com as marcas vermelhas, afirmou: “Pela visualização (sobreposição) elas (as medidas) são iguais”. E para a comparação entre as pretas e vermelhas, argumentou: “O(s) sujeito(s) 1 e 2 soltaram (a bolinha) do mesmo local na rampa

³ O termo qualitativo é comumente utilizado sem a atribuição de valores numéricos. Neste estudo, atribui-se o termo qualitativo para o caso em que o valor foi estipulado sem cálculo.

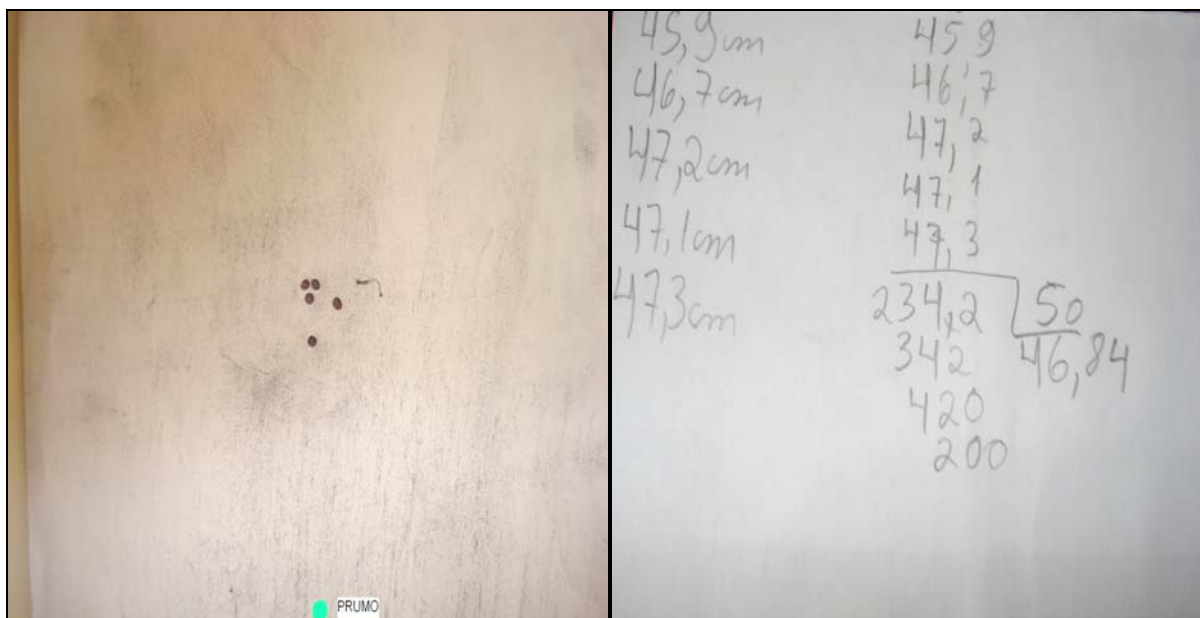
porque as medidas estão quase iguais às minhas. Tirando a medida mais distante executada pelo sujeito 2, as demais (eu acredito que) foram lançadas do mesmo local na rampa. Onde caíram a bolinha deles caíram a minha, elas estão bem próximas uma das outras, não caíram bem dizer uma em cima da outra”. “Quando você está visualizando dá para você entender que foram arremessados do mesmo local, próximas umas das outras. Vai ter uma variação, (mas) as medidas são parecidas”.

Nessa etapa, assim como fez com seus dados e diferentemente da primeira etapa, ele processou os dados e obteve médias aritméticas. No entanto, ele não se fundamentou somente nessas médias para realizar as comparações e responder que as medidas são compatíveis (iguais), mas analisando marcas próximas em intervalos de valores coincidentes na sobreposição. O fato de os pontos se apresentarem próximos uns dos outros, via uma sobreposição das distribuições, levou o estudante a acreditar que as medidas fossem iguais.

Os comentários do estudante para o dado mais afastado reforçam a análise da etapa I. Assim ele disse: *“É raro, pois ela parou longe das demais. E nove veio parar nessa distância. Então aquela lá vai ser descartada porque se levá-la em consideração a média vai ser maior. Igual, quando eu a levei em consideração a média deu 48,5cm. E, quando eu não levei em consideração deu 47,3cm”*. Nessa segunda etapa, ele novamente ignora o dado, interpretando-o como anômalo (raro de ocorrer), entendimento esse que é conveniente numa análise de dados e que também foi comprovado na primeira etapa.

Pode-se concluir que o estudante apresentou procedimentos experimentais importantes, por meio das provocações realizadas em conjunto com o experimento selecionado. Esses procedimentos não pertencem ao Paradigma Pontual e sim ao paradigma de Conjunto.

4.4 ESTUDANTE 4

Figura 6 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 4.Coleta

Este estudante primeiramente realizou dois lançamentos da bolinha da posição indicada na rampa e desse modo justificou seus procedimentos: “*Eu queria ver se ia cair no mesmo lugar*”. Apesar de ter encontrado uma variação, o acontecimento imprevisto por ele no comentário “(Nossa) *Ela não caiu no mesmo lugar*” revela que o estudante mantinha uma previsão compatível com a do Paradigma Pontual, no qual espera obter medidas iguais. O fato de a bolinha não ter caído no mesmo lugar levou o educador a fazer a seguinte provocação: ‘Você não consegue fazer essa bolinha cair no mesmo lugar?’, e ele respondeu: “*Eu não sei*”. Seu desconhecimento levou o educador a provocá-lo novamente: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa?’ e ele: “*Eu não sei. [...]*”, e se dispôs a realizar o lançamento, e após o que disse assim observou: “*Observei que não caiu no mesmo lugar*”, deixando claro que sua observação é conflitosa com o Paradigma Pontual, isto é, as medidas não são iguais. Diante das hesitações e dúvidas notadas no estudante, o educador continuou a interrogá-lo: ‘Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa?’. Ele refletiu e, em seguida, partiu para mais um lançamento “*Eu vou fazer mais um lançamento da bolinha*”, e lançou a bolinha, após o que disse: “*Também não caiu no mesmo lugar. Observei que cada vez que eu jogar*

nunca vai cair no mesmo lugar”. A dificuldade de obter medidas iguais levou o educador a provocá-lo: ‘Por que a bolinha não está caindo no mesmo lugar?’, e ele respondeu: “*Eu acho que às vezes eu variei alguns milímetros ali na posição de largada (indicada)*”. E refletindo mais uma vez disse: “*Se eu soltar a bolinha um pouco mais acima ela vai cair mais longe*”. Essa fala levou o educador a fazer a seguinte provocação: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa?’. Ele fez mais um lançamento e depois disse: “[...]. *Ela não caiu no mesmo lugar. Nenhuma caiu no mesmo lugar*”. Ele mostrou-se surpreso diante da variação de medidas, acreditando que isso seja decorrente da condição experimental, especificamente, da posição de lançamento da bolinha e disse: “*Tem uma variação aqui. O primeiro deu 45,9 cm; o segundo 46,7 cm; o terceiro deu 47,2 cm; o quarto deu 47,1 cm e o quinto deu 47,3 cm*”. Ao ser interrogado sobre a questão geral, ele respondeu: “[...]. *Eu acho que eu faria (faria) uma média. Eu somaria todos os cinco valores e dividia por cinco porque dá a média (valor) mais aproximada*”. A resposta dada pelo estudante levou o educador a fazer a seguinte provocação: ‘O que significa esse resultado para você?’, e ele assim respondeu: “*Significa onde a bolinha tem mais chance de cair. No valor da média. Ela tem mais chance de cair lá*”. O fato do estudante acreditar que a bolinha possa cair no mesmo lugar (média) levou o educador a provocá-lo: ‘A bolinha vai cair nesse valor chamado de média?’ e obteve esta resposta: “*Eu acho que há uma variação entre o primeiro e o último valor. Ela cairia entre esses dois valores*”. Esse entendimento do estudante no trato das medidas levou o educador a fazer a seguinte provocação: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha da posição indicada na rampa?’. Ele respondeu: “*Ficaria mais perto da média. Entre esse primeiro e último valor tem uma variação. Se (suposição) fossem somente dois valores (45, 9 cm e o 47, 3 cm), ficaria mais aproximadamente no meio desses dois, seria a média desses dois valores*”.

A reflexão do estudante durante a atividade experimental, permitiu-lhe um avanço na compreensão do procedimento de coleta de dados, tornando-o ciente da variabilidade de medida.

Processamento

Diante de uma distribuição de cinco medições, na questão geral, o estudante assim processou: “*Eu faria a média desses valores. A soma deu 234,2 cm. Agora eu vou dividir por cinco. A média deu 46,84 cm*”. O resultado apresentado pelo estudante levou o educador a fazer a seguinte pergunta (‘o que significa esse resultado para você?’), a que o aluno respondeu: “*Quanto mais valores mais a média fica mais completa, mais*

aproximadamente. Quando a bolinha cair o lugar mais perto onde vai estar. Quanto maior for o número jogado de bolinha mais chance eu vou ter de acertar onde ela vai cair”.

Pode-se observar que o estudante, ao processar seus dados, optou por escolher uma média para representar a distribuição de dados, resultado que levou em consideração todos os dados do conjunto, ao invés de um único valor. A média escolhida pelo estudante que levou em conta um intervalo de flutuação é mais compatível com o Paradigma de Conjunto. Ademais, o estudante apresenta um entendimento semelhante no trato da média segundo a teoria de erros experimentais apresentado no comentário: *“Quanto mais valores mais a média fica mais completa, mais aproximadamente”*. Ele demonstrou um entender de que o aumento do número de lançamento possa levá-lo a obter um bom resultado de medição para a grandeza distância segundo a teoria dos erros experimentais.

Comparação

Na etapa I, em relação à distribuição consignada na página superior ele assim respondeu: “Eu faria a média. A primeira deu 46,4 cm; o segundo deu 46,6 cm; a terceira deu 46,7 cm; a quarta deu 47,7 cm. Dá mais ou menos 46,7 cm. O lugar onde ela tem mais chance de cair é aqui no meio”. E em relação à distribuição representada na página inferior ele disse: “Deu 42cm. Ficaria no meio dessas bolinhas. Entre as bolinhas. Seria uma média das distâncias das bolinhas”. E quanto à sua distribuição e a superior ele assim comparou: “Eu acho que seria quase a mesma coisa. (46,7cm e 46,84 cm)”. E quanto à sua distribuição e a inferior, ele igualmente comparou: “A minha distância é maior porque ele deve ter jogado um pouco mais abaixo na rampa”.

Pode-se notar que o estudante mantém o mesmo raciocínio no processamento de dados para efetuar comparações, isto é, ele escolheu uma média em cada uma das distribuições de dados. Na primeira comparação, ele tratou as medidas como compatíveis (iguais), levando em conta que as médias das respectivas distribuições (dele e sujeito 1) são bem próximas quanto ao valor numérico. Ele escolheu uma média entre quatro dados que se situavam próximos, desconsiderando o dado diferenciado (distante) da distribuição.

Já na segunda comparação (ele e o sujeito 2), ele considerou que as respectivas medidas fossem incompatíveis (desiguais), pois elas não se sobrepuseram umas às outras. A incompatibilidade das medidas foi justificada como decorrente da condição experimental, especificamente da posição inicial de lançamento da bolinha, fato que o levou a inferir que os lançamentos foram realizados de uma posição mais abaixo na rampa.

A ausência de anomalia em sua distribuição levou o educador a fazer a seguinte pergunta: ‘O que significa o dado mais distante?’, e ele respondeu: “É uma bolinha que caiu mais longe. Ele deve ter soltado (propositadamente) do alto da rampa”. Nota-se que o estudante desenvolveu um raciocínio interessante compatível com a opção que ele fez de desprezar o dado diferenciado conforme já apresentado acima.

Já na etapa II, para as marcas pretas ele respondeu: “Eu acho que eu faria uma média”. E comparou: “É igual porque é onde tem mais incidência de bolinhas é na parte da minha. Tirando a média, a média fica entre essas bolinhas”. E quanto ao dado mais distante, ele comentou: “Ele deve ter dado mais impulso. Ele deve ter soltado mais acima na rampa. Acho que é o único ponto que não entraria na média porque ela deve ter saído do ponto de lançamento”. Pode-se notar que o estudante opta por uma média qualitativa para a distribuição sem proferir seu valor; no entanto, ao realizar a comparação ele inferiu que sua média é pertinente ao intervalo de valores da outra distribuição. No trato da compatibilidade de medida, esse raciocínio utilizado pelo estudante é mais compatível com o Paradigma de Conjunto em decorrência do encaminhamento didático. Do contrário, ele permaneceria sem entender que o melhor resultado de medição é obtido pela média das distâncias e que a medida apresenta uma incerteza em seu valor.

4.5 ESTUDANTE 5

Figura 7 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 5.Coleta

Este estudante realizou, de início, cinco lançamentos da bolinha da posição indicada na rampa e explicou a razão de suas ações: *“Eu soltei cinco vezes para ver se ela vai cair no mesmo lugar”*. E constatou: *“Ela não caiu no mesmo lugar”*. Diante disso, ele comentou: *“Professor, eu vou soltar mais uma vez a bolinha”*. E tendo encontrado uma variação mostrou-se surpreso: *“Ela não caiu no mesmo lugar. Eu ia observar se ela ia cair sempre no mesmo lugar, mas ela não caiu. Tem duas que caíram quase no mesmo lugar”*, revela que ele tinha uma previsão compatível com a do Paradigma Pontual, com base no qual espera obter medidas iguais. O fato de o estudante mostrar preocupação diante de marcas próximas levou o educador a fazer a seguinte provocação: ‘Do que depende a obtenção dessas marcas próximas?’, e ele comentou: *“Depende de onde eu soltei a bolinha”*. A dificuldade de minimizar os erros experimentando uma posição adequada na rampa para obter medidas iguais levou o estudante a realizar o seguinte comentário: *“Eu posso treinar”*. *Eu vou fazer três lançamentos bem daqui, certinho*. E o educador assim o incentivou: ‘Então treine!’. E o estudante lançou a bolinha com os devidos cuidados, e comentou: *“Eta lasqueira. O lugar onde ela vai cair depende da posição de onde a bolinha é feita. Eu soltei daqui (alto da rampa) ela vai cair mais para frente. Se eu soltar de um lugar diferente ela vai cair em lugares diferentes. Elas não vão cair no mesmo lugar. Dependendo da posição que eu soltar*

ela não vai cair no mesmo lugar. Se eu soltar daqui ela vai cair no mesmo lugar. Se eu soltar sempre daqui ela vai cair sempre no mesmo lugar. Se eu soltar de outra posição diferente elas vão cair em lugares diferentes”. Nesse momento, o estudante fez uma reflexão sobre o que devia estar acontecendo com relação à altura de lançamento e à distância da bolinha no solo. Ele demonstrou entender que a prática sob a mesma condição experimental pode levá-lo a obter resultados com erros mínimos, ou seja, a obter valores quase iguais de medidas. Diante disso, o educador o provocou: ‘Então, faça dois lançamentos caprichados da bolinha para que ela possa cair no mesmo lugar no solo?’, e ele realizou os lançamentos com os devidos cuidados e depois disse: “*Eu vou soltar bem daqui de cima, bem encostado na (alto) rampa para ver se ela vai cair no mesmo lugar*”. E observou: “*Elas não caíram no mesmo lugar*”. E assim ele se pôs a realizar mais três lançamentos em seguida, observou: “*Todas que eu soltei daqui elas caíram quase todas no mesmo lugar*”. A obtenção de medidas próximas levou o educador a fazer-lhe a seguinte provocação: ‘Então, faça dois lançamentos caprichados da bolinha exatamente dessa mesma posição?’, e ele fez os lançamentos e observou: “*Não caiu em cima uma da outra. Elas caíram próximas umas das outras marcas*”.

Em vista de tais reflexões, é possível dizer que esse encaminhamento didático, atrelado ao tipo de experimento selecionado, permitiu ao estudante avançar no procedimento de coleta por ele ter-se conscientizado de que os resultados da medida são aleatórios.

Processamento

O estudante processou os resultados para a questão geral: “Deu 47,5 cm, porque das vezes que eu soltei dessa posição. Depende da posição inicial de soltar a bolinha. Ela vai cair em um determinado lugar. Aí eu escolhi dessa posição. Todas as vezes que eu soltei a bolinha dessa posição elas caíram bem próximas uma das outras. Aí, deu 47,5 cm do prumo até aqui. Então, eu escolhi o resultado de 47,5 cm”. O resultado escolhido levou o educador a fazer a seguinte solicitação: ‘Você poderia mostrar na folha esse valor?’, e ele assim indicou, com o auxílio de uma régua, o valor da distribuição dizendo: “*É esse valor que está no meio dessas marcas que foram feitas da mesma posição da rampa*”.

Pode-se notar que o estudante, diante de dezessete dados, optou por processar uma média qualitativa entre dez dados coincidentes ou próximos, desprezando alguns dados (dois) por entender que foram obtidos via lançamentos realizados em uma posição inadequada na rampa. Já os outros dados (cinco) foram desprezados por serem decorrentes da imperícia do experimentador ao soltar a bolinha na rampa. O fato de o

estudante escolher um resultado que melhor representasse um conjunto, ao invés de uma única medida, mostrou-se mais compatível com o Paradigma de Conjunto, representando um avanço. Ele levou em consideração a variação entre o dado inferior e a superior, sem apresentar valores e justificando-o ao escolher uma área na qual as marcas foram obtidas de lançamentos feitos de uma mesma posição.

Essas reflexões, provocadas pelas interações anteriores, mostram um avanço significativo no raciocínio do estudante, por ele escolher uma média qualitativa na distribuição de seus dados, em vez de escolher um valor único.

Comparação

Na etapa I, em relação à distribuição apresentada na página superior, ele respondeu: *“Deu quase 48 cm. Deu 47,9 cm. Porque essas duas bolinhas estão na mesma direção e próximas uma das outras”*. E, em relação à distribuição consignada na página inferior, ele disse: *“Deu 42,3 cm porque é o valor das marcas que estão mais bem próximas umas das outras”*. E comparando-a com a distribuição superior disse: *“São iguais. Em algumas posições elas são iguais. Em algumas posições ele soltou da mesma posição, então as distâncias são iguais”*. Comparando a distribuição que ele obteve com a inferior disse: *“A minha é maior porque ele soltou mais abaixo na rampa porque o local onde ela caiu depende da posição de onde solta a bolinha”*. E, em relação ao dado distante, ele comentou: *“Posso soltar a bolinha? (‘Faça e veja. O que você observou?’). Ele (distribuição superior) colocou mais força”*.

Pode-se notar que o estudante apresentou um raciocínio interessante compatível com o ato de desprezar o dado afastado por se tratar de um valor obtido sob uma condição experimental, diferente daquela que propiciou obter os demais dados que se apresentam próximos. Dentre esses, ele desconsidera alguns deles (dados anômalos) da distribuição para inferir a média qualitativa. Raciocínio que trata as medidas como algo provável, porém, como resultado de medição que se encontra entre medidas próximas. Verifica-se que o estudante manteve o mesmo raciocínio no processamento dos dados ao efetuar comparações, isto é, ele considerou alguns pontos coincidentes ou que estiveram próximos para obter uma média qualitativa. O resultado aferido tanto para a distribuição superior quanto a inferior são resultados de medição que mantêm uma boa proximidade com o valor médio da distribuição superior (48 cm) e inferior (42,1 cm).

Na primeira comparação, o estudante considera as medidas iguais pelo fato de que elas se sobrepõem umas às outras e, já na segunda comparação, ele as considera incompatíveis pela não sobreposição entre as distribuições (ele e sujeito 2).

Já na etapa II, pode-se observar que a forma de processar dados manteve-se no estabelecimento de comparações, a exemplo da comparação entre as marcas pretas e vermelhas. Assim ele processou o resultado: *“Daria o valor de 48 cm porque caíram varias próximas uma das outras”*. E quanto à sua distribuição e às das marcas pretas e vermelhas ele assim comparou: *“Aqui são iguais porque eles soltaram a bolinha do mesmo lugar. A distância foi de 47, 5 cm aproximadamente. Aqui bem nesse meio tem o valor de 47,5 cm com relação às marcas vermelhas”*. E em relação ao dado mais distante da distribuição ele fez esta avaliação: *“Ele deve ter soltado de uma posição mais longe”*.

Pode-se observar que o estudante manteve o mesmo raciocínio de processar dados nas comparações entre as distribuições, isto é, ele apontou como uma boa estimativa de medida um resultado observado numa região onde existem pontos próximos, desprezando o dado mais afastado (vermelho) e demais dados da distribuição. Esse resultado é considerado integrante de um bom processo de medição em direção ao Paradigma de Conjunto, pois a média da distribuição encontra-se bem próxima de 48cm. Nota-se que o estudante trata as medidas compatíveis, ou seja, elas se sobrepõem umas às outras. Ele trata as médias qualitativas como pertinentes em um intervalo de valores da outra distribuição de dados (vermelhos) utilizada na etapa da comparação após a sobreposição das amostras.

Também é possível dizer que o estudante trata o dado diferenciado da distribuição, promovido por uma condição experimental diferente daquela que propiciou obter os demais dados próximos, especificamente de uma posição inadequada na rampa pelo comentário: *“ele deve ter soltado (propositadamente) de uma posição mais (alto) longe”*.

4.6 ESTUDANTE 6

Figura 8 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 6.Coleta

O estudante realizou inicialmente uma única medição e à questão geral ele assim respondeu: *“Deu 47,5 cm. Eu medi do prumo até o ponto que ela (bolinha) fere o solo”*. O estudante não mostrou intenção de realizar outro lançamento, o educador fez a seguinte pergunta: ‘Esse valor é um resultado para a solução de seu problema?’, e o estudante respondeu: *“Eu daria esse mesmo valor”*. Pela resposta dada e pelo desinteresse em realizar um novo lançamento, é possível observar que ele finalizou o processo da coleta contentando-se com uma única medida, ao manifestar entendimento pertencente em um Paradigma Pontual. A desistência do aluno em lançar levou o educador a provocá-lo: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa?’, e ele respondeu: *“Ela não vai cair no mesmo lugar por causa da velocidade dela (bolinha). Eu acho que vai dar uma pequena diferença”*. Pode-se notar, pela resposta, que o estudante não vê necessidade alguma em realizar o experimento novamente, contudo lançou a bolinha novamente, em seguida disse: *“Uma pequena diferença (confirmação). A primeira marca foi antes. Ela é a marca que está na (à) frente”*. E, após um momento de reflexão a respeito do que deve estar acontecendo, comentou: *“Eu fiz dois lançamentos da bolinha. (A medida) É variável. Depende da velocidade da bolinha ela vai cair em determinado ponto”*.

É possível dizer que esse estudante trata a medida como um valor que pode variar em decorrência da velocidade que é mais ou menos. As provocações e o experimento selecionado levou-o a apresentar um progresso no procedimento de coleta ao tratar uma medida como um valor aleatório.

Processamento

Ao ser interrogado sobre a questão geral, diante de duas medições, o estudante respondeu: *“Eu acho que tem que tirar uma distância média. É a distância média”*. Diante de duas medições, o estudante mostrou-se interessado somente em um valor médio. O fato é que duas medições não foram suficientes para ele processar os dados e isto levou o educador a realizar a seguinte provocação: ‘Afim, como você faria para achar essa tal distância média que eu não sei o que significa?’. Ele respondeu: *“Eu tenho que fazer mais um lançamento para tirar a distância média”*. Ele lançou novamente a bolinha e observou: *“A cada lançamento que eu estou fazendo a bolinha está recuando (em direção ao prumo)”*.

Diante de uma distribuição de três dados, o estudante, ao ser interrogado sobre a questão geral, respondeu: *“O primeiro lançamento deu 47,5 cm; o segundo lançamento deu 47,2 cm e o terceiro lançamento deu 46,9 cm. Eu penso em uma média. Eu acho que deve ser 47,2 cm porque que está entre os dois lançamentos (47,5 cm e 46,9 cm)”*.

O estudante tratou o valor de 47,2 cm como uma distância média e, portanto, como o melhor resultado de medição para seu conjunto de dados. O fato de realizar um terceiro lançamento foi essencial para confirmar sua escolha e, curiosamente, esse valor apresentou a mesma diferença encontrada entre o primeiro e o segundo lançamentos, ou seja, algo em torno de 0,3 cm de diferença entre os extremos. Tal resultado levou o educador a fazer a seguinte provocação: ‘Pegue a bolinha e tire sua dúvida!’. Então ele fez outro lançamento e comentou: *“Aí... É esse valor mesmo. Deu próximo de 47,2 cm”*. O dado novo obtido pelo estudante o ajudou a confirmar sua convicção de que o resultado escolhido é um bom resultado para solucionar o problema proposto na atividade experimental. Em vista disso o educador fez a seguinte pergunta: ‘O que esse resultado significa para você?’, ao que o estudante respondeu: *“É a distância média entre um ponto e outro (dois pontos)”*. Tal idéia de distância média defendida pelo estudante levou o educador a fazer a seguinte provocação: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa?’, e ele respondeu: *“Cairia provavelmente (não é certeza) no 47,2 cm. Ela vai cair entre esses dois valores que é 47,5 cm e 46,9 cm. Então ela vai cair nesse meio, pois é uma média”*. E assim observou: *“Na média. Nesse caso, ele caiu na mesma medida do segundo lançamento”*. O

quinto lançamento possibilitou o achado de um dado coincidente com outro (média) o que, no entanto, não alterou o raciocínio do estudante quanto à variação das medidas obtidas. Verificou-se isso quando ele, diante da distribuição, processou seus dados explicando “*Deu 47,2 cm porque está entre os dois valores (47,5 cm e 46,9 cm)*”.

O estudante processou uma média dos valores extremos da sua distribuição de dados, considerando o intervalo de flutuação. Pode-se dizer que o entendimento do estudante é mais compatível com o Paradigma de Conjunto, isto é, ele levou em consideração o conjunto de medidas, em vez de escolher uma única medida. Essas reflexões, provocadas pelos resultados das repetições do lançamento mostram um avanço significativo no raciocínio do estudante; ele passou a avaliar a flutuação das medidas ao inferir o resultado da medição.

Comparação

Na etapa I, em relação à distribuição consignada na página superior, ele respondeu: “A mais longe deu 51,5 cm. Deu 48,4 cm (ponto máximo) nesse caso eu vou tirar a média das duas na mesma direção. Deu 47,9 cm (média) porque tem as duas marcas uma na mesma direção da outra. A que está mais perto da última mede 48,4 cm e a outra mede 47,4 cm (ponto mínimo)”. E, em relação à distribuição assinalada na página inferior, ele respondeu: “Deu 42 cm. No caso é a média. Tem a distância entre um ponto de 41 cm e o outro ponto de 43 cm. É a metade”. E comparou a sua distribuição com a registrada na página superior: “Pouca coisa menor. Por causa de 2 mm a minha é menor. Ela é mais perto (próxima) do prumo”. Comparou também sua distribuição com a da página inferior: “A minha é maior porque esta mais longe do prumo. O sujeito 2 fez lançamentos da metade da rampa”.

Pode-se notar que o estudante manteve o mesmo raciocínio ao processar dados para realizar as comparações, isto é, ele considerou os valores extremos das amostras para obter a média respectiva a cada uma delas. Ele fez as comparações baseadas em médias e não ponto a ponto. Por exemplo, na primeira comparação, ele tratou as medidas como incompatíveis (distintas), mesmo quando houve sobreposição das distribuições de dados, e como incompatíveis, na segunda comparação, justificando essa análise com base na condição experimental, ou seja, os dados da distribuição da página inferior foram promovidos de lançamentos realizados de uma posição inadequada na rampa (abaixo).

A ausência de anomalia, em sua distribuição de dados, levou o educador a fazer a seguinte pergunta: ‘O que significa o dado mais distante para você?’, ao que o estudante respondeu: “No caso, é o primeiro lançamento que foi feito. Eu acho que a bolinha pegou mais velocidade. Nesse caso, para mim ele não é importante porque eu tirei uma média

dos quatro pontos. Eu acho que você vai utilizar ele em outra teoria”. O estudante, ao processar dados, desprezou esse dado distante para inferir a média aritmética entre os dois extremos de um conjunto de quatro dados próximos.

Já na etapa II, em relação às marcas pretas respondeu: “Deu 48,1 cm. Nesse caso porque é entre o primeiro ponto e o último ponto. Nessa média. Entre 48,9 cm e 47,1 cm, daí a média é de 48,1 cm”. E comparou a sua distribuição com as marcas pretas: “É igual porque a minha distância média está entre os dois. O primeiro (47,1 cm) e o último (48,9 cm)”.

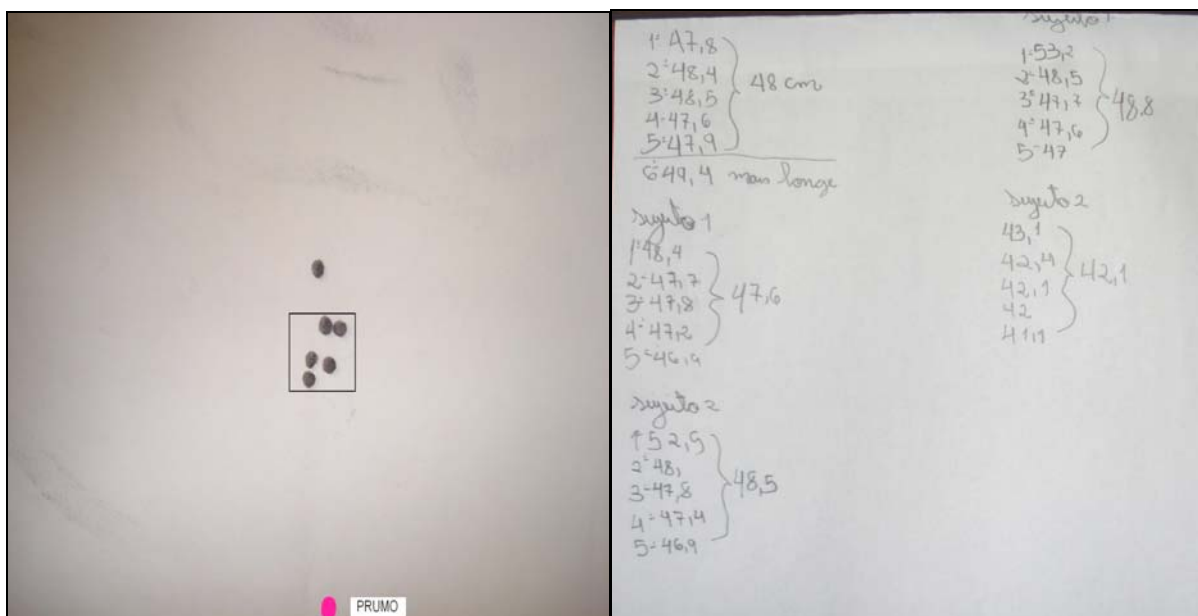
O estudante manteve o mesmo raciocínio ao processar os dados para realizar as comparações entre as distribuições, isto é, ele optou por escolher uma média entre dois valores extremos da distribuição. A média deduzida pelo estudante (48,1 cm) mostrou-se próxima do valor médio da distribuição de dados representado pelas marcas pretas e vermelhas que gira em torno de 48 cm.

Pode-se notar que o estudante, diante da sobreposição entre as distribuições de dados, trata as medidas como compatíveis (iguais) e, para isso ele argumenta que sua média aritmética obtida pertence a um conjunto de valores representados pelas marcas pretas e vermelhas. Esse raciocínio utilizado pelo estudante deixa evidente que suas ideias intuitivas são mais condizentes com o Paradigma de Conjunto.

Na sequência, o estudante demonstrou entender da relação existente entre a altura e a distância, o que pode ser verificado quando ele avaliou a posição de lançamento utilizada pelos sujeitos 1 e 2 e comentou: “Sim, porque os pontos têm um padrão. Tem pontos uns mais pertos dos outros”. E, ao avaliar a sua posição de lançamento e a dos sujeitos, ele comentou: “Fizeram, só que o sujeito 2 tem uma marca que foi mais longe porque a velocidade foi maior”.

O estudante demonstrou ter avançado em seu procedimento experimental em razão das reflexões causadas pelas perguntas provocativas. Do contrário, ele se contentaria com a coleta de um único dado para responder à questão geral e, como se observou, acabou por considerar os pontos extremos de uma distribuição e inferir uma média entre os mesmos, raciocínio então mais compatível com o Paradigma de Conjunto. Também, pode-se dizer que o estudante realiza a comparação entre as amostras de dados, baseando-se em médias e não valor a valor (dado a dado) e, ainda mais, ele interpreta a compatibilidade das medidas, aferindo que a média de sua distribuição também faz parte dos dados da distribuição em questão. Ele demonstrou entender a respeito da relação entre a altura e a distância da bolinha no solo, ao avaliar a posição de lançamentos.

4.7 ESTUDANTE 7

Figura 9 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 7.Coleta

Este estudante realizou primeiramente dois lançamentos da posição indicada, na rampa e assim justificou a intenção de suas ações: “*Pra ver em que ponto onde ela vai cair. Eu queria ver se ela ia cair no mesmo ponto ou em pontos diferentes*”. Apesar de interessar-se em obter um mesmo valor de medida, ele observou: “*Elas caíram em lugares diferentes. Uma está mais à frente da outra. O primeiro valor deu 47,8 cm e o segundo deu 48,4 cm*”. Embora a evidência apontasse que a bolinha não caiu no mesmo lugar, no solo, o estudante acreditou, de início, que a experiência pudesse lhe proporcionar a obtenção de valores iguais. E isso se deduziu ao checarem algumas respostas do estudante, durante a atividade. Por exemplo, após o terceiro lançamento da bolinha, ele assim comentou: “*Ela não caiu no mesmo lugar*”, e em outro momento também disse: “*Eu observei que ela não caiu no mesmo lugar*”. As respostas do estudante durante a atividade experimental são compatíveis em um paradigma Pontual, no qual há confiança em obter medidas iguais.

Logo após o terceiro lançamento (48,5 cm), o estudante, ao ser interrogado pelo educador: ‘O que deve estar acontecendo?’, respondeu: “*Até agora a medida só aumentou. Sei lá, eu devo ter tremido às vezes na hora de soltar a bolinha aqui na rampa*”. A dificuldade em obter medidas iguais foi justificada pelo estudante como decorrente de um

impulso na hora de soltar a bolinha. Isso levou o educador a provocá-lo: ‘Você não consegue realizar o lançamento da bolinha sem tremer?’. Então ele fez outro lançamento e comentou: “*Esse (lançamento) eu não tremi e mesmo assim, a bolinha não caiu no mesmo lugar. Ué, agora está diminuindo. A bolinha caiu mais perto (em direção) do prumo*”. O valor obtido motivou o estudante a se interessar em realizar outro lançamento, em seguida comentou: “*Eu vou jogar a bolinha mais uma vez para ver onde mais ou menos ela vai cair*”. Ele realizou outro lançamento e assim observou: “*Ela caiu em outro lugar*”. Diante disso, o educador, ao provocá-lo sobre a realização de um outro lançamento de um local mais alto na rampa, ele constatou: “*Ela foi mais longe. Eu observei que ela não caiu no mesmo lugar*”. Nesse instante, porém, já se pôde observar uma variação em sua previsão inicial: “*Ela sempre caiu em lugares diferentes. Ela está variando*”. O fato da medida estar variando levou o educador a fazer a seguinte pergunta: ‘O que significa variação para você?’, e ele respondeu: “*Significa que a bolinha não está caindo no mesmo lugar. Ela (dado) está sempre variando. Ela caiu em um ponto e, depois em outro ponto qualquer*”. O comentário do estudante mostrou que a sua preocupação com a repetição de lançamentos esteve em sentir e controlar o impulso ao soltar a bolinha, pois isso possibilitaria obter medidas diferentes a cada lançamento. Ele apresentou um entender mais compatível com as ideias pertencentes ao Paradigma de Conjunto ao tratar a medida como algo variável e levar em consideração todo o cuidado, realizando os lançamentos com a intenção de minimizar os erros experimentais.

Processamento

Diante de duas medições no início da atividade experimental (47,8 cm e 48,4 cm), o estudante, ao ser interrogado sobre a questão geral, respondeu: “*Eu ia pegar as duas distâncias e ia ver a metade delas*”. E de novo interrogado: ‘Como você faria isso?’, ele disse: “*Ah, sei lá. Eu ainda não sei ao certo*”. O estudante apresentou como um bom resultado de medição o valor médio entre as duas medições, procedimento mais compatível com o Paradigma de Conjunto. Contudo, nesse momento, ele não processou dados por não apresentar uma ideia formada do fenômeno em estudo, porquanto, diante de seis medições, ele comentou: “*(...). Eu acho que eu tenho um monte de distâncias aqui. Eu vou pegar essas distâncias e vou transformar elas em uma média para dar uma resposta. Eu acho que eu usaria uma média. Eu acho que deve ser a resposta mais certa do que pegar um único valor aqui dessas distâncias. Eu vou descartar esse dado (distância) aqui*”.

O estudante decidiu escolher, como um bom resultado para a distância, um valor que fosse a média das medições. E disse: “*Deu 48 cm. Eu peguei as distâncias e somei*

todas e, depois eu resolvi dividir pelo total das medições das distâncias”. Das seis medições ele resolveu desprezar a última por se tratar de um valor obtido sob uma condição experimental diferente daquela proposta na atividade experimental, ou seja, ela era proveniente de uma posição de lançamento mais acima da posição indicada na rampa, dando a razão por que desprezou esse valor: *“Porque eu joguei essa bolinha lá de cima da rampa e ela foi mais longe”*.

Ele mostrou um avanço em direção ao Paradigma de Conjunto ao escolher uma média calculada que levou em consideração o conjunto de dados, em vez de escolher uma medida única. Resultado esse que ele justificou ser obtido por dados que foram realizados sob a mesma condição experimental e assim ele justificou: *“Eu joguei do ponto certo da rampa. Eu joguei da posição indicada na rampa”*.

Também, pode-se dizer que o estudante trata a média como se fosse um valor aproximado, denominado na teoria dos erros experimentais, como o valor verdadeiro da grandeza física experimental, e esse tratamento, verifica-se pelo comentário: *“A média é (vem de) uma variação da medida. A medida pode estar variando. Ela (bolinha) pode estar caindo em 47 cm e 49 cm e 48,5 cm. A bolinha pode estar caindo próximo a esse valor de 48 cm. Ela fica nessa variação. Está bem no meio”*. Ainda assim, ele apontou para a aleatoriedade da medida e para a flutuação de seus valores, ao levar em consideração o conjunto e processar a média. Tal modo de tratar as medidas é pertinente em um Paradigma de Conjunto.

Comparação

Na etapa I, em relação à distribuição feita na página superior, o estudante assim respondeu: *“Eu usaria a média como eu fiz antes. A média deu 48,8 cm. Essa é a média dos cinco lançamentos”*. E, em relação à distribuição da página inferior, ele igualmente respondeu: *“Eu vou pegar as medidas dessas marcas vermelhas e depois eu vou somar todas e dividir por cinco. A média é igual a 42,1 cm. Aqui tem um valor que encontrei que é igual a esse. Esse valor (médio) está aqui no meio dessas duas”*. E comparou a sua distribuição com a da página superior: *“É igual porque os meus pontos estão bem próximos dos deles”*. Comparou também a sua distribuição com a da página inferior: *“A minha é maior só de olhar. Ela está mais à frente do prumo”*.

O estudante continuou processando os dados da mesma forma para realizar as comparações entre as distribuições, isto é, ele escolheu a média como a melhor representante das distribuições. Nesse momento, ele não desprezou o dado diferenciado presente na primeira distribuição. Fez, porém a comparação de forma adequada ao tratar as

medidas como compatíveis (iguais), ou seja, elas sobrepõem umas às outras e tratou as medidas incompatíveis na segunda comparação, porque essa distribuição e a realizada na página inferior não se sobrepuseram. Além disso, ele justificou a compatibilidade da primeira comparação, explicando que os pontos se mostram próximos uns dos outros, ou seja, tais pontos se mostram sobrepostos em sua distribuição e na da página superior.

Contudo, ao ser questionado pelo educador: *‘O que você observou sobre essas duas situações encontradas pelos sujeitos 1 e 2?’*, ele comentou: *“Elas estão variando. No caso do sujeito 1, a variação é de 47 cm a 53,2 cm e, a variação do sujeito 2 é de 41,1 cm a 43,1 cm. Eu vou calcular a média sem a medida mais distante. Deu 47,7 cm”*. Inicialmente, o estudante processou a média, levando em consideração até mesmo o dado diferenciado da distribuição e, em seguida, ele optou por uma média aritmética descartando tal dado.

Também é possível observar que o estudante trata o dado distante como obtido sob uma condição experimental diferente daquela que propiciou a obtenção dos demais dados próximos (*“Ela significa que ele fez um lançamento errado. Ele jogou (propositadamente) do ponto mais alto da rampa. Eu joguei do ponto mais alto e deu isso também”*).

Pode-se notar que o estudante manteve o mesmo raciocínio de processar os dados para estabelecer as comparações, isto é, considerou os dados da distribuição para a realização de um valor médio, desprezando o dado mais afastado da amostra. Também um outro avanço interessante foi apresentado pelo estudante ao vê-lo argumentar que o valor diferenciado levado em consideração ocasiona uma média inadequada em relação ao conjunto todo de dados. Raciocínio utilizado pelo estudante como mais compatível em direção ao Paradigma de Conjunto.

Já na etapa II, ele avaliou os dados pretos: *“Deu 47,6 cm a média. Foi próximo desse valor que ele deve ter dado como resposta”*. E no caso dos dados vermelhos respondeu: *“Deu 48,5 cm a média”*. E comparou as marcas pretas e vermelhas: *“É igual pela variação que se apresenta na média. Os pontos estão bem próximos. E os valores (medições) também. A média pode sofrer variação (dois valores de médias diferentes). Ela pode estar entre 47 cm e 49 cm”*. E comparou sua distribuição com as marcas vermelhas: *“É igual pela variação das medidas. Isso é o que acho. A média é assim, ela fica entre (as medidas), tipo ali assim. A média é fica entre 47 cm e 49 cm e aqui tem o valor de 48,5 cm e, esse resultado está dentro do valor e, por isso é igual”*. Comparou também sua distribuição com as marcas pretas e vermelhas: *“É igual devido à variação. Ela tem uma relação com os pontos mais próximos. Ela pode estar variando entre 47 cm e 49 cm”*.

O estudante manteve o mesmo raciocínio ao processar dados para realizar as comparações entre as distribuições, isto é, ele decidiu por escolher uma média como um bom representante da distribuição. Nota-se que o estudante, ao obter sua média, levou em consideração o dado mais distante (vermelho).

Os comentários acima, em itálico, mostram que o estudante manteve o entendimento ao processar os dados, selecionando as distâncias obtidas sob as mesmas condições experimentais, para inferir uma média e realizar as comparações entre as distribuições de dados.

Também, pode-se dizer que o estudante, no trato da compatibilidade das medidas diante da sobreposição entre as amostras, afirma que elas sejam iguais. Ele justifica isso alegando que sua média é um dado que se apresenta inserido no intervalo de valores da distribuição em questão.

Ele demonstrou entender da relação entre a altura e a distância da bolinha, no solo, ao examinar se a posição utilizada pelos sujeitos é a mesma que ele utilizou, comentando: *“Menos este ponto (vermelho) aqui que está mais longe, os outros pontos foram da mesma posição porque eles estão bem mais próximos aqui e aquele está bem afastado desses pontos aqui. Ele não soltou da posição indicada na rampa”*. E também, ao avaliar se a altura era a mesma utilizada por ele e pelos sujeitos, disse: *“Fiz menos um porque esse eu soltei do ponto mais alto na rampa. E o sujeito 2 também fez um lançamento igual ao meu. Se soltar mais alto na rampa, a bolinha vai mais longe porque ela pega mais velocidade. Tirando esses dois lançamentos, eles e eu jogamos da mesma posição na rampa. Os dois valores estão bem próximos um do outro. Os valores são de 48 cm, 47,6 cm e 48,5 cm”*.

É possível dizer que o estudante trata o dado mais distante como obtido sob uma condição experimental diferente daquela em que promoveu o achado dos outros dados na distribuição, especificamente, de uma posição inadequada na rampa (*“Fiz, menos um porque esse eu soltei do ponto mais alto na rampa. E o sujeito 2 também fez um lançamento igual ao meu. Se soltar (propositadamente) mais alto na rampa a bolinha vai mais longe porque ela pega mais velocidade”*). Ele também mostrou ter noção a respeito da relação existente entre a altura e a distância.

Pode-se dizer que o estudante avançou em seu procedimento experimental em razão das provocações realizadas e do experimento selecionado. Sem as provocações, ele permaneceria na dúvida por se contentar com apenas duas medições para responder à questão geral e, como se pode observar, ele acabou por considerar as medições obtidas sob uma mesma condição experimental e a média dos dados do conjunto. Também, pode-se notar que

ele interpretou que as medidas das amostras sejam iguais ao acreditar que sua média seja um valor pertinente ao conjunto de dados da outra distribuição. Raciocínio apresentado pelo estudante no trato das medidas como mais adequado em um Paradigma de Conjunto.

4.8 ESTUDANTE 8

Figura 10 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 8.



Coleta

Este estudante primeiramente realizou dois lançamentos da posição indicada na rampa e justificou o que intentava com suas ações: “*Pra ver a distância. Ver se ia cair no mesmo lugar*”. Essa resposta possibilitou entender que o estudante teve inicialmente uma previsão compatível com a do Paradigma Pontual, demonstrando confiança em obter medidas iguais. E observou: “*A primeira deu 48,5 cm e a segunda deu 49,7 cm mais ou menos isso*”. Diante do achado de medidas diferentes, o que contrariava o entendimento demonstrado de início pelo estudante, levou o educador a fazer a seguinte provocação: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha outra vez da mesma posição na rampa?’ e ele comentou: “*Eu acho que ela vai cair mais longe (primeira) porque a segunda caiu mais longe do que a primeira. Eu acho que a primeira (segunda) vez eu soltei daqui de cima*”. E igualmente observou: “*Ela pegou mais embalo. A primeira vez não, mas essa aqui eu soltei*”. A dificuldade de se obter distâncias iguais apresentada pelo estudante levou o educador a provocá-lo: ‘Então, pegue a

bolinha e a faça cair no mesmo lugar!’, motivando-o a realizar novo lançamento da bolinha e ele observou: *“Mais perto. Tem alguma coisa errada. Esses dois estão errados. Eu soltei a bolinha no começo dessa flecha (posição indicada na rampa). Então, uma deu 46,7 cm e a outra deu 47,5 cm”*. O estudante empenhou-se em realizar o lançamento, tendo os devidos cuidados e procurando minimizar seus erros experimentais. Nesse momento, ele mostrou-se interessado por valores mais próximos como mais adequados, o que levou o educador a provocá-lo: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha outra vez da mesma posição na rampa conforme o último lançamento que você fez?’, diante do que, ele refletiu: *“Eu acho que vai cair perto desses valores porque essas aqui caíram. Deve cair perto se eu acertar a posição certa na rampa. Que nem eu acertei”*. O estudante mostrou-se preocupado em realizar o lançamento sob a mesma condição experimental com a intenção de minimizar os erros experimentais. E realizou o lançamento, tendo o cuidado de soltar a bolinha de uma posição indicada na rampa. E o educador provocou: ‘Então, capriche e solte a bolinha exatamente da posição certa que você encontrou e observe?’, e ele lançando-a disse: *“Aí... (contradição) não caiu tão perto da primeira”*. O educador continuou provocando-o: ‘E agora como você pretende resolver essa situação?’. E ele interessou-se em realizar um outro lançamento, comentando: *“Eu vou soltar mais uma vez a bolinha”*, lançou e comentou: *“As bolinhas caíram entre 47cm e 48 cm. Então, eu acho que está certo. Eu achei (posição na rampa) certa porque eu soltei três vezes e elas caíram uma perto da outra. A distância da primeira deu 48 cm e da segunda deu 47 cm”*. Ele mostrou-se preocupado em tratar a medida, levando em consideração um intervalo de flutuação de valores e optou por valores que se encontravam mais próximos. O fato de ter encontrado marcas (dados) mais próximas umas das outras levou o educador a fazer a seguinte provocação: ‘Então, faça três lançamentos caprichados da bolinha da posição certa para que possam cair próximas e observe?’. Ele lançou e observou: *“Caíram perto da primeira. Aí, (surpresa) meu Deus”*. E ao ser interrogado *“O que deve estar acontecendo?”*, ele disse: *“Eu acho que depende da posição na hora de soltar a bolinha na rampa”*, dizendo que sua preocupação em repetir as medidas estava em encontrar uma condição experimental adequada, no caso, a posição de lançamento da bolinha na rampa, capaz de minimizar os erros. Então o educador provocou-o novamente: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais duas vezes da posição certa?’, ao que ele respondeu: *“Se for na posição certa elas vão cair perto das primeiras bolinhas que eu joguei”*. Então, ele observou: *“(contentamento) Ah...próximos (pertos)”*.

Pode-se notar, pelas reflexões realizadas, que o estudante manteve uma preocupação em realizar a repetição dos lançamentos, empenhando-se em controlar e obter

uma posição adequada para efetuar os lançamentos, dos quais poderiam resultar em distâncias distintas. Em vista disso, é possível observar que o encaminhamento didático, além do experimento escolhido propiciou ao estudante fazer uma melhor coleta por ter-se certificado da aleatoriedade da medida.

Processamento

Obtidos os resultados em sua distribuição de dados para a questão geral ele argumentou: “Entre 47 cm a 48,5 cm porque foram os valores que eu soltei as bolinhas da posição certa. Elas caíram mais juntas aqui. Elas foram lançadas da mesma posição. Está entre 47 cm a 48,5 cm. Daria 48 cm porque as bolinhas caíram mais aproximadamente perto do 48 cm do que no valor de 47 cm”.

Pode-se dizer que o estudante pretendia no processamento selecionar o resultado da experiência feito com a devida cautela para reduzir os erros. Ele demonstrou acreditar que o aprimoramento da sua prática, graças aos treinamentos sucessivos, minimiza os seus erros decorrentes de lançamento, fazendo-se imaginar que pode obter um bom resultado para a distância da bolinha no solo. Tal resultado leva em consideração os dados coincidentes ou próximos, descartando outros dados por considerá-los inadequados em razão de ter procedido com imperícia ao lançar a bolinha. Esses dados são entendidos como resultantes de experiências mal realizadas, e por isso são inadequados no conjunto de dados selecionados para obter uma média considerada resposta à questão geral.

Como resposta à questão geral o estudante selecionou o dado 48 cm. Embora não tivesse calculado a média aritmética da distribuição (47,75cm), ele apresentou um resultado aproximado justificando-o: “Daria 48 cm porque as bolinhas caíram mais aproximadamente perto do 48 cm do que no valor de 47 cm”. Pode-se dizer que a escolha desse valor foi compatível com o Paradigma de Conjunto, levando-se em conta um resultado que represente um conjunto de valores num intervalo, em vez de escolher uma medida única. Nota-se que a média qualitativa apresentada pelo estudante mostrou-se uma boa aproximação com o valor da distribuição que gira em torno de 47,75 cm.

Essas reflexões, provocadas pelas repetições, mostram um avanço significativo no raciocínio do estudante em consequência da qual ele avalia a flutuação das medidas ao inferir o resultado da medição.

Comparação

Na etapa I, em relação à distribuição consignada na página superior, ele assim respondeu: *“Deu 48 cm aqui...nesse meio”*. E ele para a distribuição inferior igualmente observou: *“Ele deu 42,5 cm porque as marcas (três) estão mais juntas aqui no meio”*. E para a sua distribuição e a superior ele assim comparou: *“É igual, só que as minhas caíram mais juntas e as dele caíram um pouco mais separadas. A dele deu 48 cm mais ou menos, parecida com a minha que foi de 48 cm. Elas são iguais”*. E para a sua distribuição e a inferior ele comparou: *“Eu acho que a minha foi um pouco maior porque a minha deu 48 cm e a dele deu 42,5 cm”*.

O estudante não processou da mesma forma os dados para realizar as comparações, isto é, ele escolheu uma média qualitativa, desprezando o dado mais afastado da distribuição e os demais dados. Agindo assim, ele tratou as medidas como algo provável, porém, em relação a um resultado de medição que se encontra entre medidas próximas. Tal valor fica bem próximo do valor médio da distribuição que se situa em torno de 48 cm. Ao escolher a média qualitativa nas duas distribuições, ele não levou em consideração o intervalo de flutuação das medidas. O estudante trata as medidas como compatíveis (iguais) na primeira comparação ao justificar que ambas as médias apresentavam o mesmo valor numérico para a distância (sujeito 1 e ele). Já, na segunda comparação, ele alegou que as medidas são incompatíveis (distintas) decorrentes dos valores médios, sejam diferentes (ele e sujeito 2). De modo geral, na etapa I, ele realiza a comparação entre as amostras de dados de acordo com as médias e não ponto a ponto (dado a dado). Esse tipo de tratamento é mais condizente com o Paradigma de Conjunto.

Também, pode-se observar que o estudante trata o dado distante como obtido sob uma condição experimental diferente daquela que possibilitou obter os demais dados que se apresentam próximos, especificamente de uma posição inadequada na rampa conforme explícito no seguinte comentário: *“Ele não jogou da posição certa. Eu acho que essas aqui estão certas e aquela foi jogada da posição errada. A dele foi mais longe”*.

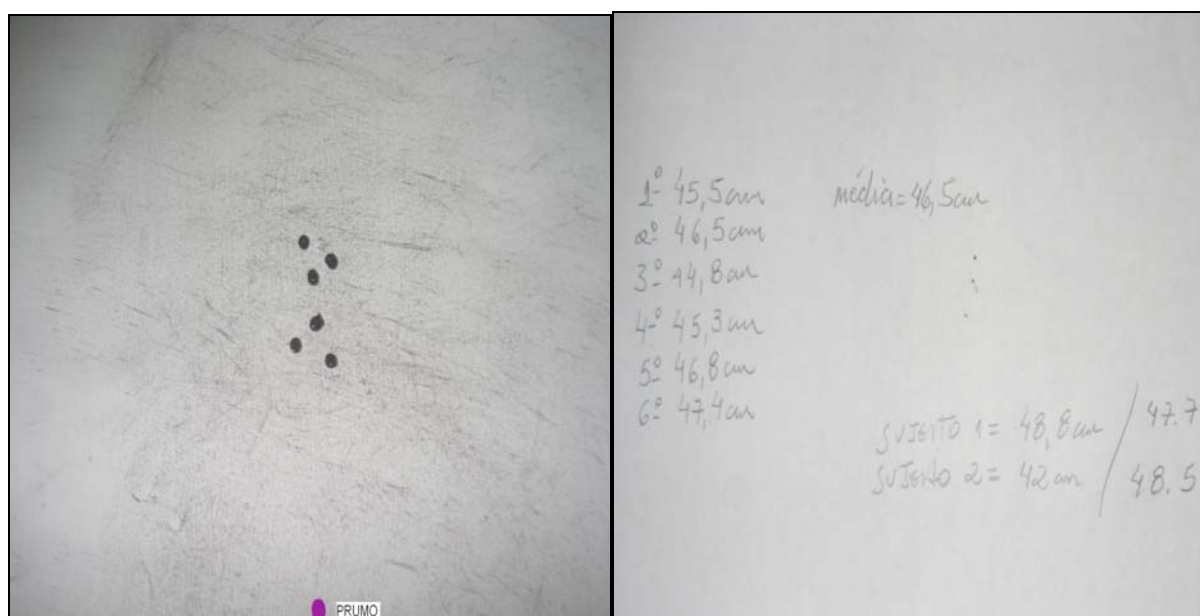
Já na etapa II, quanto às marcas pretas e vermelhas, ele respondeu: *“Deu 47 cm aqui mais ou menos”*. E comparou a sua distribuição e as marcas pretas e vermelhas: *“Eu acho que é igual só que a deles estão mais separadas e a minha elas caíram mais juntas. Deu 48 cm”*.

O estudante manteve o mesmo raciocínio ao processar os dados para realizar a única comparação realizada entre sua distribuição e as marcas pretas e vermelhas, isto é, ele optou por uma média qualitativa decorrente das marcas próximas nas distribuições. Resultado

que mantém uma boa proximidade com o valor médio dessa distribuição que se apresenta em torno de 48 cm. Coerentemente, com seus raciocínios prévios, ele desconsidera alguns resultados obtidos, excluindo-os por entender que devem ser mal realizados devido à imperícia. No entanto, ele não levou em consideração o intervalo de flutuação das medidas da distribuição. O estudante mostrou um avanço em direção ao Paradigma de Conjunto, realizando a comparação baseada em médias qualitativas e não ponto a ponto.

4.9 ESTUDANTE 9

Figura 11 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 9.



Coleta

O estudante realizou inicialmente dois lançamentos da bolinha na posição indicada na rampa e ele observou: “*Eu observei que um ponto esta mais longe do outro. Eles caíram em pontos diferentes. Eles não caíram no mesmo ponto*”. Apesar de ter encontrado variação, mostrou-se surpreso: “*Eu queria ver se a bolinha ia cair no mesmo lugar, mesmo local, mas ela não caiu*”, revelando que sua previsão confirmava-se com a do Paradigma Pontual, de acordo com o qual espera se obter medidas iguais. Sendo assim, ao ser interrogado pelo educador: ‘O que levou você a acreditar que isso fosse ocorrer?’, ele argumentou: “*A bolinha tinha que cair no mesmo lugar porque eu (a) joguei da posição indicada (seta) rampa*”. O estudante imaginava que, se a experiência fosse bem feita, ela

devia levar a medidas iguais. Isso, porém, não ocorreu. Então, o educador o provocou: ‘Como você justifica a bolinha ter caído em pontos diferentes?’, ouvindo daí esta resposta: *“Eu devo ter jogado de um lugar errado ou de um ponto diferente na rampa. Deu 45,5 cm e 46,7 cm. O primeiro foi de 45,5 cm e o segundo foi de 46,7 cm”*. A variação das medidas apresentadas pelo estudante levou o educador a fazer a seguinte pergunta: ‘O que deve estar acontecendo?’, e ele respondeu: *“Deve ser devido à posição que eu lanço a bolinha. Eu acho que eu lancei de um ponto diferente”*. A minimização dos erros experimentais é tratada pelo estudante como decorrente da condição experimental, especificamente, da posição de lançamento da bolinha na rampa. Ele esperou obter medidas iguais, o que ficou explícito na sua resposta ao ser provocado pelo educador: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais duas vezes da posição indicada na rampa?’, e ele: *“Na lógica que vem na cabeça é que deve cair no mesmo lugar. Se você for lançar ela vai ter que cair no mesmo ponto”*. Justificando tal expectativa: *“Vento na sala não tem, sabe. Está meio que parado. Primeiro, que é a mesma bolinha que eu estou usando. O peso dela é o mesmo. É tudo (ele espantou) o mesmo só que a bolinha caiu em local diferente”*. E ao ser provocado pelo educador: ‘Você não consegue fazer essa bolinha cair no mesmo local?’, ele respondeu: *“Eu acho que sim. (ele dá uma risada). Só não sei como”*. E o educador continuou a provocá-lo: ‘Então, faça outro lançamento da bolinha caprichado e a faça cair no mesmo lugar no solo e observe?’, e ele, havendo realizado outro lançamento, observou: *“Nossa...Agora eu estou vendo quatro pontos diferentes. O primeiro deu 44,8 cm, o segundo deu 46,5 cm, o terceiro deu 46,8 cm e o outro 47,4 cm. Eles estão próximos”*.

O estudo apontou variação nas medidas e o educador fez a seguinte provocação: ‘Então, você não consegue fazer essa bolinha cair no mesmo lugar?’ Afinal, o que deve estar acontecendo?’, e ele respondeu: *“A diferença é muito pequena. É uma questão de milímetros que eu estou soltando a bolinha da posição errada na rampa. A hora que eu vou soltar eu posso colocar a bolinha um pouco mais para cima ou um pouco mais para baixo”*. Diante da dificuldade de obter medidas iguais, o estudante interessou-se em fazer outro lançamento solicitando: *“Eu posso fazer dois novos lançamentos?”*. E o educador o provocou: ‘O que você quer com isso?’, e ele explicou: *“Eu quero ver se a bolinha vai cair em cima do mesmo ponto. Isso é o que eu espero que aconteça”*. E assim ele observou: *“Seis lançamentos e todos diferentes. Ficou um bem próximo do outro”*. E, ao ser interrogado pelo educador sobre a variação nas medidas, ele respondeu: *“Deve ser da posição indicada na rampa que eu estou soltando a bolinha. Deve ter outra coisa que eu não estou conseguindo enxergar”*.

O estudante preocupou-se em minimizar os erros, controlando a posição de lançamento da bolinha na rampa. Pode-se notar que as reflexões permitiram-lhe deduzir durante o procedimento de coleta que as medidas são aleatórias.

Processamento

Feito a distribuição de seis dados, o estudante, à questão geral, respondeu: “Eu somaria todos esses valores das distâncias e dividiria por seis que foi o total de lançamentos que eu fiz. Ao que o educador indagou: ‘Como assim!’, e ele comentou: “Para achar uma medida mais ou menos. Uma média”. E assim ele respondeu: “A média deu 46,5 cm. (espanto) Esse valor eu encontrei no segundo lançamento que eu fiz”. Pode-se dizer que o estudante entendia que o processamento de dados consiste em selecionar o resultado da experiência, levando em consideração todos os valores de medições obtidos. Também observa-se que ele considerou a variação das medidas como decorrente da condição experimental, especificamente, a posição inicial de lançamento da bolinha na rampa que poderia promover uma minimização dos erros experimentais.

A média obtida pelo estudante levou o educador a fazer a seguinte pergunta: ‘O que significa esse resultado para você?’, e ele comentou: “Ele fica bem no meio. E o segundo lançamento ele caiu bem próximo dele. Eu acho que não tem um ponto exato que ela tem que cair”. E sendo interrogado pelo educador: ‘Você acha que a bolinha deve cair nesse valor médio?’, e ele argumentou: “Eu acho que não tem um ponto exato onde a bolinha deve cair. Os lançamentos devem se concentrar mais próximos do valor de 46,5cm (média)”.

Pode-se dizer que esse entendimento é compatível com o Paradigma de Conjunto por levar em conta um resultado que representa um conjunto de valores num intervalo. Tais reflexões, resultantes das interações anteriores, mostram que o estudante avançou significativamente em seu raciocínio por considerar a flutuação das medidas ao inferir o resultado da medição, passando a deduzir que, na medição da distância, as medidas são aleatórias.

Comparação

Na etapa I, em relação à distribuição apresentada na página superior, ele observou: “*A média deu 48 cm. Eu somei todos os lançamentos das distâncias e dividi*”. E em relação à distribuição consignada na página inferior ele observou: “*Deu 42 cm em média. Os lançamentos foram um pouco mais regular. Ele buscou sempre a mesma posição na rampa*”. E comparou a sua distribuição com a da página superior: “*É menor porque ele fez os*

lançamentos de um ponto diferente na rampa. A soma dos resultados dele foi maior que a minha. O resultado dele passou do meu". Comparou a sua distribuição com a da página inferior: "*É maior. O meu foi maior pelo inverso do que o sujeito 2 fez. Eu fiz lançamentos um pouco mais abaixo que o sujeito 1 e um pouco mais acima que o sujeito 2*". Inexistindo o desprezo de pelo menos um dado obtido em sua distribuição, o educador interrogou-o nessa etapa I: 'O que significa o dado mais distante para você?', e o estudante tratou o dado diferenciado obtido sob uma condição experimental diferente daquela que propiciou obter os demais dados que se situam próximos, especificamente, de uma posição inadequada na rampa conforme o comentário: "*Um lançamento que foi feito de uma posição muito errada. Ele lançou (propositadamente) acima na rampa e pegou um pouco mais de velocidade e foi mais longe*".

Nota-se que o estudante continuou processando os dados da mesma forma para realizar as comparações entre as distribuições, isto é, escolheu a média dos dados da distribuição superior, desprezando o dado mais afastado em vez de um valor único. Também, verifica-se que ele realizou a comparação de dados baseado nas médias e não ponto a ponto (dado a dado). Essa característica é apontada como condizente com o Paradigma de Conjunto.

Ainda assim, também é possível observar que o estudante mostrou entender da relação entre altura e distância, pois ele levou em conta a posição de lançamento utilizada por ele e pelos sujeitos 1 e 2, comentando: "*Parece que o sujeito 1 deve ter lançado um pouco mais acima e o sujeito 2 deve ter lançado um pouco mais abaixo na rampa, por isso que ficaram (distribuição inferior) mais perto do prumo*".

Já na etapa II, em relação às marcas pretas, ele assim respondeu: "*Deu 47,7 cm que é a média dos seus lançamentos*". E em relação às marcas vermelhas respondeu: "*Deu 48,5cm*". E comparou a sua distribuição com as marcas pretas: "*É menor. A minha média deu 46,5 cm e a do sujeito 1 deu 47,7 cm e no segundo caso deu 48 cm. Nas duas foi menor*". Comparou a sua distribuição com as marcas vermelhas: "*É menor. A média dele deu 48 cm e a minha deu 46,5cm. Os lançamentos que eu fiz poucos chegaram pertos*".

Também no que diz respeito à realização dos lançamentos e os resultados indicados pelas marcas pretas e vermelhas, observou: "*Os lançamentos ficaram bem próximos, mas o sujeito 2 fez um lançamento que ficou bem fora do ponto e deu 52,2 cm*".

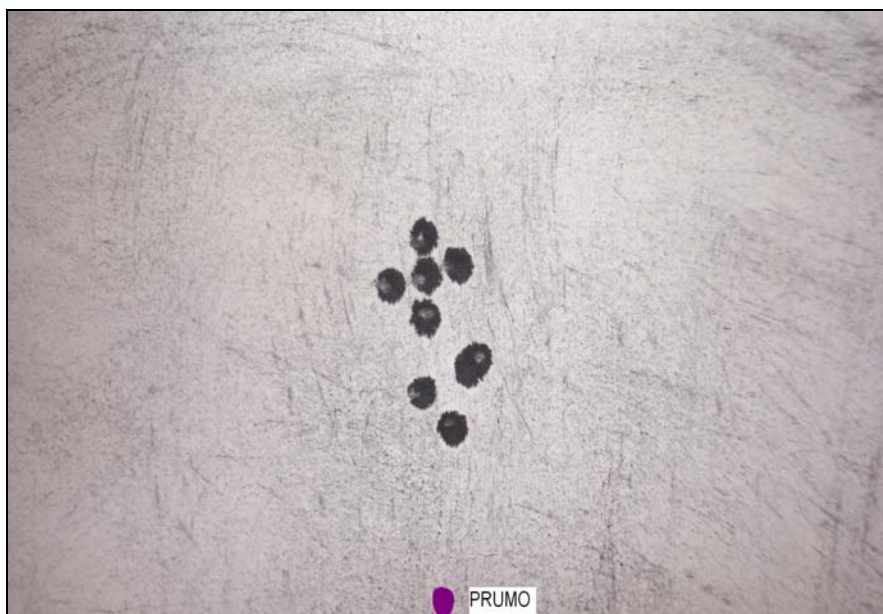
O estudante continuou processando os dados da mesma forma para comparar as distribuições, isto é, escolheu como bom representante de um conjunto uma média. Seus comentários mostram que ele fez o processamento de dados para efetuar médias e

compará-las. Ele fez a comparação de dados baseado em médias e não ponto a ponto, procedimento mais condizente com o Paradigma de Conjunto.

Pode-se dizer que o estudante avançou em seu procedimento experimental induzido pelas provocações juntamente com o experimento selecionado.

4.10 ESTUDANTE 10

Figura 12 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 10.



Coleta

Este estudante realizou primeiramente dois lançamentos da posição indicada na rampa e explicou o que pretendia com o experimento: “*Eu queria ver se ela (bolinha) cairia no mesmo lugar aqui no solo*”. Havendo encontrado variação, mostrou-se surpreso: “*Deu diferente. A primeira vez que eu soltei a bolinha, a distância deu 48 cm e, na segunda vez que eu soltei a bolinha, a distância deu 47,5 cm. Eu esperava que a bolinha caísse no mesmo local*”, revelando o que ele esperava condizia com o Paradigma Pontual, de acordo com o qual se espera obter medidas iguais. O fato de a bolinha ter caído no mesmo lugar levou-o a observar: “*Uma vez que eu soltei do mesmo local e a força foi a mesma ela deveria cair no mesmo lugar no solo*”. Ao ser interrogado pelo educador: “O que você acha que deve estar acontecendo?”, ele respondeu: “*Eu soltei um pouco mais abaixo ou um pouco mais acima. Nesse caso, eu soltei mais em baixo*”. A variação das medidas decorrente, segundo o

estudante, da posição de lançamento da bolinha levou o educador a provocá-lo: ‘Então faça um outro lançamento da bolinha caprichado e a faça cair no mesmo lugar no solo e observe?’, e ele fez o lançamento e, em seguida, comentou o resultado: “*Deu 47 cm. Eu joguei do mesmo local. As outras eu soltei mais acima e essa eu soltei mais abaixo*”. O fato de as medidas não serem iguais levou o educador a provocá-lo novamente: ‘Tente de novo. Capricha mais. Pegue essa bolinha e a faça cair no mesmo lugar no solo?’. Feito o lançamento, o estudante disse: “*Deu 46,5 cm*”. E explicou: “*Ou não está rolando a bolinha na hora que ela desce ou eu não estou colocando ela no mesmo lugar ali na posição de lançamento*”. Pode-se notar que a variação das medidas é tratada pelo estudante como decorrente da condição experimental, especificamente da posição inadequada de lançamento da bolinha na rampa. A dificuldade de fazer um lançamento e obter medidas iguais levou o estudante a realizar um novo lançamento: “*Eu posso fazer mais uma vez?*”, e após fazer o lançamento observou: “*Deu em cima da terceira marca*”. E assim justificou: “*Deve ser porque na hora que eu soltei a terceira vez eu soltei do mesmo local na rampa como foi feito agora*”. A obtenção de medidas iguais levou o educador a fazer a seguinte provocação: ‘Então, faça um outro lançamento caprichado da bolinha e a faça cair no mesmo lugar no solo novamente e observe?’. O estudante fez isso e observou: “*Deu em cima da quarta marca. Um pouquinho mais antes. Ela deveria cair na terceira*”. E assim o estudante justificou: “*Eu acho que não soltei do mesmo local na rampa*”. Tal fato levou o educador a provocá-lo mais uma vez: ‘Então, agora eu quero que tente soltar a bolinha três vezes consecutiva da posição que você achou na rampa e a faça cair no mesmo lugar?’, e ele, tendo feito o sugerido, observou: “*Caiu um pouco depois daquela terceira que tinha caído duas vezes. Essa caiu um pouco mais distante. Deu quase 48 cm*”.

Por essas reflexões, é possível dizer que o encaminhamento didático e o experimento selecionado permitiram ao estudante avançar no procedimento de coleta, levando-o a considerar que as medidas são aleatórias. Também é possível notar que, com as repetidas tentativas, o estudante queria exercitar-se na intenção de encontrar uma posição precisa, para efetuar os lançamentos, e assim minimizar os erros experimentais.

Processamento

O estudante, à questão geral, respondeu: “*Eu daria o valor de 47,5 cm porque entre todas as bolinhas esse valor é que está aqui no meio*”. Embora não tenha obtido a média aritmética (47,2 cm), apresentou um resultado aproximado com raciocínio semelhante

na justificação: *“Está entre 46,5 cm e 48 cm. Não, exatamente no meio. Ele está mais aqui. Ele está mais próximo das outras marcas aqui na folha (48 cm)”*.

Pode-se notar que ele decidiu escolher como um bom resultado uma média qualitativa para representar o conjunto em vez de um único valor. Na escolha desse valor ele levou em consideração os pontos coincidentes ou mais próximos, nesse caso, ele tomou uma região onde se concentrou um número maior de marcas próximas (seis).

As reflexões, provocadas pelas tentativas, mostram um avanço significativo no raciocínio do estudante em consequência do qual ele avalia o resultado de medição que levou em conta um intervalo de flutuação de medidas. Tal entendimento apresentado pelo estudante no trato da medida é mais compatível com o Paradigma de Conjunto.

Comparação

Na etapa I, em relação à distribuição registrada na página superior, ele respondeu: *“Ele deu 48 cm como resposta porque tem cinco marquinhas pretas (mas) e tem uma (delas) que está isolada. A resposta é de 48 cm porque são duas bolinhas que estão mais próximas uma (s) da (s) outra (s)”*. E em relação à distribuição da página inferior ele observou: *“Deu 42,5 cm porque são as bolinhas que estão mais próximas uma da outra aqui no meio. Essas aqui”*. E comparou a distribuição da página superior e inferior: *“A (valor da) distância do sujeito 1 é maior porque seu valor encontrado é de 48 cm e, no caso do sujeito 2 o valor dele é de 42,5 cm”*. E comparou a sua distribuição com a da página superior: *“A distância do sujeito 1 foi maior do que a distância que eu encontrei porque a distância do sujeito 1 foi de 48 cm e a minha foi de 47,5 cm”*.

Pode-se notar que o estudante manteve um raciocínio interessante e pertinente, desprezando o dado afastado e outros dois dados na distribuição da página superior, tratando a medida como algo provável, escolhendo como resultado a medição extraída de medidas próximas. Resultado esse que mantém uma boa proximidade com o valor médio da distribuição da página superior, que gira em torno de 48 cm e, o valor médio da inferior é de 42,1 cm. Nota-se que ele escolheu a média qualitativa ao levar em consideração dados próximos.

Também é possível observar que o estudante trata o dado diferenciado (um) da distribuição (superior) como obtido sob uma condição experimental diferente daquela que propiciou obter os demais dados (quatro) que se situaram próximos, especificamente da posição inicial de lançamento inadequada na rampa, conforme o argumento: *“Ele deve ter soltado (propositadamente) mais acima da rampa”*. Nota-se que o estudante fez o

processamento de dados, selecionando as distâncias de marcas próximas para obter a média qualitativa em cada amostra e compará-las, sem considerar todo o conjunto. Ainda assim, observa-se que ele fez as comparações entre as amostras de acordo com as médias obtidas e não valor a valor (dado a dado).

Pode-se observar que o estudante considerou a relação existente entre a altura e a distância ao avaliar a posição de lançamento utilizada por ele e pelos sujeitos, justificando: *“Acredito que o sujeito 1 deve ter feito lançamentos da mesma posição na rampa que eu fiz e o sujeito 2 deve ter lançado a bolinha um pouco mais a baixo na rampa”*.

Já na etapa II, em relação às marcas pretas, o estudante respondeu: *“Deu 48 cm porque ele deu cinco arremessos e elas estão espalhadas e só duas estão próximas na mesma reta”*. E em relação às marcas vermelhas, também respondeu: *“Deu 48 cm porque é uma bolinha que está no meio das outras e as demais estão espalhadas”*. E comparou às marcas pretas e vermelhas: *“É igual porque as duas dão 48 cm. Elas estão na mesma reta aqui no meio”*. E comparou a sua distribuição com as marcas pretas: *“A distância do sujeito 1 é maior que a minha porque a dele deu 48 cm e a minha deu 47,5 cm”*. Comparou também a sua distribuição com as marcas vermelhas: *“É menor que o valor encontrado pelo sujeito 2 porque a dele deu 48 cm e a minha deu 47,5 cm”*. Comparou igualmente a sua distribuição com as marcas pretas e vermelhas: *“As deles é menor que a minha . Foram dois sujeitos que soltaram a bolinha. Eu acredito que o valor da medida que eles deram foi menor que a minha”*.

Pode-se dizer que ele manteve o mesmo raciocínio, ao processar seus dados para eventuais comparações entre duas ou mais distribuições de dados, isto é, ele escolheu uma média qualitativa que foi concebida com base em pontos coincidentes ou próximos. Ele só não processou o intervalo de flutuação de medidas. Também é preciso salientar que o raciocínio do estudante representa um avanço em direção ao Paradigma de Conjunto, pois a comparação não é ponto a ponto (dado a dado), mas entre médias qualitativas.

Também é possível dizer que o estudante trata o dado distante como obtido sob uma condição experimental diferente daquela que propiciou obter os demais dados que se situam próximos, especificamente de uma posição inicial inadequada da rampa, segundo a justificativa: *“Ela deve ter sido solta de uma posição mais acima na rampa. Ela se destaca das outras”*.

O encaminhamento didático e o experimento selecionado permitiram ao estudante mostrar que considera a relação entre a altura de lançamento e a distância, porquanto ele avaliou a posição de lançamento utilizada pelos sujeitos ao comentar: *“Sim, só*

a vermelha que está mais distante que não". E, ao avaliar a posição de lançamentos utilizada por ele quanta às marcas pretas e vermelhas, ele comentou: *"Sim, porque a minha teve umas que caíram mais perto e outras mais longe. Eu acho que é do mesmo local que eu fiz"*.

Já na fase final da atividade, ao ser interrogado sobre a distância encontrada pelos sujeitos 1 e 2, ele assim comentou: *"Daria 47,5 cm porque esse valor é uma média das nove marcas que estão aqui porque tem uma muito isolada"*.

Pode-se observar que o estudante considerou como bom representante de uma distribuição de dados um resultado de medição uma média qualitativa, levando em conta o intervalo de dados. Resultado esse aferido pelo estudante, desconsiderando apenas um único dado (distante) e considerando os demais que se situavam próximos uns dos outros (nove).

Nota-se que é possível dizer que o encaminhamento didático e o experimento selecionado permitiram ao estudante avançar no procedimento de medição, o que se infere por ele ter escolhido uma média qualitativa na etapa II, desprezando apenas o dado diferenciado da distribuição (vermelho) conforme já justificado.

4.11 ESTUDANTE 11

Figura 13 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 11.



Coleta

O estudante realizou um único lançamento da bolinha na rampa e observou: *“Deu 46 cm. Medi da marca do prumo até onde a bolinha caiu”*. E, ao ser interrogado pelo educador: ‘Você acha que é necessário soltar a bolinha mais uma vez?’, ele justificou: *“Acho que não porque ela vai cair em lugar diferente”*. Pela falta de interesse em realizar outro lançamento da bolinha e por sua resposta, é possível inferir que ele finalizou o processo de coleta, contentando-se com uma única medida, o que indica que seu entendimento segue o Paradigma Pontual.

O desinteresse em realizar outro lançamento da bolinha na rampa levou o educador a provocá-lo: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa?’, e ele respondeu: *“Ela vai cair em uma distância diferente (lugar) porque vai depender da velocidade que ela vem. Ela vai ter uma outra velocidade”*. E o estudante justificou: *“Pode ser que ela pegue mais ou menos velocidade”*. O fato de o estudante inferir que a velocidade da bolinha não vai ser a mesma levou o educador a provocá-lo: ‘Devido a que essa bolinha desenvolve mais ou menos velocidade?’, e ele respondeu: *“Pode ser decorrente do lugar em que você coloca a bolinha lá na rampa ou do vento. O vento pode interferir na velocidade. Se tiver mais vento isso pode aumentar a velocidade porque a bolinha não é muito pesada”*. Pode-se observar que o estudante considerou a variação das medidas como decorrente das condições experimentais, ou seja, a posição inicial de lançamento e o vento. Entretanto, a ausência do vento na sala levou o estudante a acreditar que o fato de a bolinha não cair no mesmo lugar se deva à posição de lançamento na rampa. Ele realizou outro lançamento e observou: *“Caiu em lugar diferente, outra medida . Agora deu quase 47 cm. Da marca do prumo até aqui”*. Havendo o estudante observado a variação, o educador o provocou: ‘Então, faça outro lançamento caprichado da bolinha e a faça cair no mesmo lugar no solo e observe?’, ao que ele disse: *“Da mesma posição, mas elas caíram em posições diferentes”*. Apesar de ter encontrado uma variação de medida, o estudante mantinha uma previsão compatível com a do Paradigma Pontual, de acordo com o qual espera obter medidas iguais. Ele deixa evidente, em sua resposta, que, se a experiência for bem feita, ela deve apontar medidas iguais, não havendo necessidade de fazer repetições de lançamentos. Tal entendimento do estudante levou o educador a provocá-lo: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais três vezes da posição indicada na rampa?’, obtendo como resposta: *“Elas devem cair em posições diferentes porque vai ser a mesma coisa dos dois lançamentos feitos. Depende da velocidade dela bater aqui no chão. Ela pode vir para frente, do lado e para trás”*. E prosseguiu: *“Uma caiu quase junta no meio das duas e a outra caiu mais pra frente.*

Elas caíram todas mais perto uma das outras. Acho que a medida vai ser entre as duas. A primeira e a segunda porque parece que ficou as três ali no meio”.

Pode-se observar que o estudante mostrou-se interessado em repetir o lançamento da bolinha para conseguir previsão no momento de lançá-la na rampa, imaginando ter como resultado distâncias diferentes. O experimento e o encaminhamento didático permitiram ao estudante melhorar seu procedimento de coleta de dados e em razão disso cientificar-se que as medidas são aleatórias.

Processamento

Diante dos resultados obtidos com as medições, o estudante respondeu à questão geral: *“A primeira deu 46 cm, a segunda deu 47 cm e depois 48 cm e têm três que caíram quase todas próximas. Deu 47 cm porque foi onde mais caíram as bolinhas. De cinco lançamentos feitos três caíram ali mais próximos do 47 cm. Então, a bolinha vai cair por ali no meio”.*

Nota-se que o estudante preocupou-se em considerar como o resultado dados próximos, tendo como tais as resultantes de lançamentos feito com maior cautela para evitar erros. Pode-se afirmar que o estudante mostrou avanço ao processar uma média qualitativa como resultado de medição, levando em conta os dados coincidentes ou próximos (três), desconsiderando os demais (dois), em vez de se contentar com apenas um valor, por entender que eles tenham sido decorrentes de imperícia. Esse tratamento dado às medidas, isto é, a escolha de uma média qualitativa, é mais compatível com o Paradigma de Conjunto.

Comparação

Na etapa I, em relação à distribuição representada na página superior ele respondeu: *“Deu 47,5 cm porque é onde está marcada aqui é onde tem a maior parte das marcas onde a bolinha caiu. De cinco, quatro caíram aqui nesse lugar”.* E, em relação à distribuição da página inferior, ele observou: *“O resultado é de 42 cm e esse valor está aqui no meio das marcas (entre) vermelhas. Caíram mais vezes e aqui caiu igual. A medida certa deve estar aqui no meio”.* E comparou a sua distribuição com a da página superior: *“A minha é menor que a dele. A minha foi de 47 cm e a dele foi de 47,5 cm”.* Comparou também a sua distribuição com a da página inferior: *“A minha é maior só de olhar. Ele lançou uns 5 cm abaixo na rampa”.*

Pode-se notar que o estudante manteve o mesmo raciocínio ao processar os dados para efetuar comparações, isto é, decidiu por uma média qualitativa, baseado em dados

próximos, desprezando o dado afastado na distribuição da página superior. Já para a distribuição da página inferior ele escolheu uma média qualitativa (42 cm) que mantinha uma boa proximidade com o valor médio da distribuição (42,1 cm).

Também é possível dizer que ele considerou o dado afastado como obtido sob uma condição experimental diferente daquela que propiciou obter os demais dados que se situavam próximos decorrentes da posição inicial de lançamento inadequada na rampa de acordo com o comentário: *“Significa que ele deve ter soltado mais acima na rampa. Pode ter sido igual a minha. Pingou um no 48 cm e outra no 46 cm. Aqui prevalece porque aqui caíram mais vezes. Ela foi mais longe devido à posição (lançamento) na rampa. Não é ela. A distância está aqui entre as quatro marcas”*.

O estudante mostrou entender como tratar a relação entre a altura e a distância ao avaliar a posição de lançamento utilizada por ele e pelo sujeito 1, observando: *“Acho que sim. A minha caiu no 48 cm e a dele caiu em 47,5 cm, ou seja, ele deve ter lançado do mesmo lugar. Esses valores são mais ou menos perto um do outro. Não é um valor exato”*. E, quanto ao resultado da distância referente à distribuição da página superior, ele comentou: *“Eu forneci esse (distribuição superior) valor aqui porque é onde mais caíram. No meu caso, caíram mais no meio e daí eu forneci um valor que estava por ali”*.

Já na etapa II, em relação às marcas pretas, ele respondeu: *“Deu 48 cm. Aqui no meio dessas duas marcas pretas”*. Também em relação às marcas vermelhas ele respondeu: *“Deu 48 cm porque eu pego entre essas duas”*. E comparou as marcas pretas e vermelhas: *“É igual. Deu 48 cm porque é que está aqui no meio. Os dois pretos e os dois vermelhos que estão no meio”*. E comparou a sua distribuição com as marcas pretas e vermelhas: *“A minha foi de 47 cm. Esta distância deles aqui é maior que a minha. Eu medi e deu 47 cm e a deles deu 48 cm. Aqui, também se for ver dá para saber que essas marcas estão mais à frente que as minhas”*.

Pode-se notar que o estudante manteve o mesmo raciocínio ao processar os dados para estabelecer comparações, isto é, ele considerou alguns pontos coincidentes ou que estivessem próximos, no meio da distribuição. Ao raciocinar dessa forma ele trata as medidas como algo provável, optando por uma média qualitativa, sem considerar todo o conjunto. O valor escolhido manteve uma boa proximidade com o valor médio da distribuição que gira em torno de 48 cm. Também é preciso dizer que o raciocínio do estudante que o levou a realizar a comparação entre as distribuições baseadas em médias qualitativas e não ponto a ponto representa um avanço em direção ao Paradigma de Conjunto.

Também é possível dizer que o estudante considerou o dado distante (vermelho) obtido sob uma condição experimental diferente daquela que propiciou obter os demais dados que se situavam próximos, especificamente de uma posição inadequada na rampa que assim justificou: *“Pode ter sido que ele tenha jogado um pouco mais para cima. Ela tem mais de 50 cm de distância. Podia significar se fosse medir um por um, ponto por ponto. Mas como é pra falar a medida de todos, uma medida só ela não é nada. Se for medir separadamente esse ponto seria o mais longe. A medida para mim é onde mais caíram”*. Coerente com os raciocínios anteriores, ele desconsiderou as marcas mais distantes como dados anômalos, excluindo-os, por entender que foram mal realizados devido à imperícia.

Nota-se que o estudante mostrou haver entendido como tratava a relação entre a altura e a distância por avaliar a posição utilizada por ele e pelos sujeitos, argumentando: *“Sim, porque caíram em distâncias bem parecidas. Todas as marcas estão quase todas juntas aqui. Porque nós temos a medida de todos os lançamentos. Vai ficar onde que mais caiu. A maioria das vezes está caindo aqui mais no meio. Daí é onde eu estou falando que é a medida da distância”*.

Pode-se dizer que o estudante avançou seu procedimento experimental, devido às provocações e ao experimento selecionado, sem o que ele se contentaria com a coleta de uma única medição para responder à questão geral e, como se viu, ele acabou por considerar os dados mais próximos, inferindo um resultado em forma de uma média qualitativa, o que foi mais condizente com o Paradigma de Conjunto.

4.12 ESTUDANTE 12

Figura 14 – Distribuição de dados obtida pelo estudante 12.Coleta

O estudante realizou um único lançamento da bolinha na rampa para responder à questão geral e comentou: “*Vou medir a distância que vai do prumo até onde a bolinha caiu. Deu 47,50 cm*”. E o educador assim o interrogou: ‘Você acha que esse é um bom valor da distância para resolver o seu problema?’, e ele justificou: “*Sim, eu acho porque eu medi com a régua e deu um valor que eu acho que está certo*”. O desinteresse apresentado pelo estudante em realizar outro lançamento permitiu afirmar que ele finalizou o processo de coleta, limitando-se a uma única medida, o que demonstra estar em concordância com o Paradigma Pontual. O desinteresse do estudante levou o educador a provocá-lo: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa?’, e então ele respondeu: “*Vai cair próximo aqui desse ponto. Pela velocidade que eu usei talvez eu não use a mesma velocidade para soltá-la*”. Ele fez o lançamento da bolinha e observou: “*Elas caíram um pouco mais para a esquerda. Na mesma reta. Deram 47,5 cm*”. E ao ser provocado pelo educador: ‘O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa?’, ele observou: “*Vai cair igualzinho aqui. Talvez em cima. Isso vai ocorrer porque duas medidas deram dois pontos. Talvez ela caia em cima de um dos pontos*”. No início, o estudante acreditava que o lançamento da bolinha permitiria obter medidas distintas e, em

seguida, passou a esperar obter medidas iguais, conforme o propósito no Paradigma Pontual. De fato, ele encontrou duas medidas de valores iguais o que o levou a dar uma resposta à próxima questão baseada em medidas iguais. A dúvida do estudante levou o educador a fazer a seguinte provocação: ‘Então faça três lançamentos caprichados da bolinha e a faça cair no mesmo lugar?’, e ele, após a realização de três lançamentos da bolinha, observou: “*Nossa... (surpresa) Agora deu diferente o resultado. Deu 48,5 cm. Outras medidas. A mais distante deu 48,5 cm. As outras tinham dados 47,5cm, 48 cm e 47,7 cm*”. O fato de deparar-se com os novos resultados obtidos após os lançamentos deixou o estudante intrigado e perplexo e levou o educador a provocá-lo novamente: ‘Final, onde essa bolinha deveria cair?’, e ele comentou: “*Ela deveria cair por aqui no valor de 48 cm. Em média, deu 48 cm. Eu posso fazer outro lançamento?*”. Então, em vista das dúvidas, o estudante mostrou-se interessado em realizar outro lançamento para verificar o que poderia estar acontecendo com aquela bolinha e, após o lançamento observou: “*Foi um pouco mais longe de 48 cm que era a meta que eu queria. Tenho seis marcas*”. Vendo, novamente, seu ponto de vista contrariado ao observar as medidas, ele se mostrou intrigado diante da variação das medidas, o que pode ser observado no seguinte comentário: “*Cada vez que eu joga a bolinha ela caiu em pontos diferentes. Umás caíram mais para frente e outras para trás e outras do lado e está dando resultados diferentes. Teve umas que caíram 1 cm a mais da primeira e outras mais para o lado e outras menos*”.

Em vista de tais reflexões, é possível dizer que o encaminhamento didático e o experimento selecionado permitiram ao estudante progredir na forma de proceder à coleta de dados, passando a entender a aleatoriedade das medidas.

Processamento

Diante da distribuição de seis dados, ao ser interrogado sobre a questão geral, o estudante disse: “*O valor da média de uma queda da bolinha que deu aqui no ponto.. O valor do ponto do meio porque deu um ponto em média. Algumas vezes caíram antes e outras depois. Deu 48 cm. Nesse caso, é mais provável que dê 48 cm em média, por aí, próximo disso*”.

O estudante escolheu como um bom resultado de medição uma média qualitativa, levando em conta o conjunto e justificou essa escolha por ser a média o valor apresentado no meio da distribuição. Com essa escolha e justificativa ele mostrou alimentar uma ideia compatível com o Paradigma de Conjunto, ao escolher um resultado que representasse o conjunto em vez de um valor único. Nota-se que o estudante trata o resultado

de medição apresentando um raciocínio que se assemelha com o valor verdadeiro de uma grandeza física experimental conforme tratado na teoria de erros experimentais. Essa maneira de tratar os dados com base nas sucessivas tentativas de lançamento para obter um resultado plausível mostra um avanço significativo no raciocínio do estudante por aleatoriedade das medidas. Tratamento dado pelo estudante no trato da medida como mais condizente em direção ao Paradigma de Conjunto.

Comparação

Na etapa I, à questão geral relacionada às marcas pretas, o estudante respondeu: *“Foi de 48 cm porque ele fez igual a minha. Ele está aqui entre as marcas”*. E quanto à medida mais distante ele observou: *“Ele soltou mais forte”*. Também quanto às marcas pretas ele se mostrou interessado por uma média qualitativa, o que se conclui pelo seguinte comentário: *“Baseado na média dos outros lançamentos realizados”*. É possível dizer que o estudante considera o dado diferenciado obtido sob uma condição experimental diferente daquela que propiciou obter os demais dados que se situavam próximos, especificamente de uma posição inicial de lançamento inadequada ao soltar a bolinha. Também quanto à questão geral relacionada às marcas vermelhas ele comentou: *“Deu 42 cm. É o valor médio que ele fez”*. E comparou as marcas pretas com as vermelhas: *“A distância, no caso do sujeito 1, é maior que a do sujeito 2”*. Comparou também a sua distribuição com as marcas pretas: *“A minha é menor que a dele. Não, é igual a minha. A (dele) distância foi de 48 cm”*.

Pode-se notar que o estudante manteve o mesmo raciocínio ao processar os dados para estabelecer comparações, isto é, ele considerou todos os dados do conjunto, exceto o dado afastado para escolher uma média qualitativa como resultado de medição. Também é preciso dizer que o raciocínio do estudante representa um avanço em direção ao Paradigma de Conjunto, pois ele fez a comparação de dados entre as distribuições baseadas em médias qualitativas e não ponto a ponto (dado a dado).

Já na etapa II, à questão relacionada às marcas pretas ele respondeu: *“Em torno de 47,5 cm”*. E à questão geral, relacionada às marcas vermelhas, ele respondeu: *“Deu 47,5 cm. Eu acho que ele foi onde tinha mais marcas da bolinha. É possível encontrar a medida correta”*. Também é possível dizer que o estudante considera o dado mais afastado da distribuição (vermelho) obtido sob uma condição experimental diferente daquela que propiciou obter os demais dados que se situavam próximos, especificamente da posição inicial de lançamento inadequada na rampa, conforme ele justifica: *“Ela foi mais longe. Ele tacou*

mais acima na rampa de uma posição mais alta". Retomando a questão geral relacionada às marcas pretas e vermelhas, ele respondeu: *"Deu 47,5 cm porque é a média das nove marcas e uma está muito isolada"*. Ele comparou a sua distribuição com as marcas pretas e vermelhas: *"Eu acredito que a medida que eles deu foi menor que a distância minha"*.

Nota-se que o estudante manteve o mesmo raciocínio ao processar os dados e realizar a comparação entre as distribuições, isto é, ele considerou como um bom resultado de medição a média qualitativa, levando em consideração o conjunto de dados (nove), exceto o dado distante da distribuição. Resultado esse escolhido por ele que mantinha uma boa proximidade com o valor da distribuição que era algo em torno de 48 cm. Também o estudante fez as comparações baseadas em médias qualitativas e não ponto a ponto (dado a dado), procedimento de acordo com o apontado em um Paradigma de Conjunto.

Pode-se notar também que o estudante levou em conta a relação entre a altura e a distância, o que se pode concluir por ele ter avaliado a posição de lançamento utilizada por ele e pelos sujeitos, e pelo seu comentário: *"Sim, só a vermelha que está mais distante que não. A minha teve uma que caíram mais perto e outras que caíram mais longe. Eu acho que é do mesmo local que eu fiz"*.

Nota-se que o estudante avançou em seu procedimento experimental devido ao encaminhamento didático, sem o que ele se limitaria à coleta de um único valor para responder à questão geral e, como se constatou, ele acabou por considerar os dados e obteve uma média qualitativa, procedimento mais compatível com o Paradigma de Conjunto.

4.13 DISCUSSÃO GERAL DOS DADOS

Nesta seção, realiza-se uma discussão geral dos dados para cada um dos processos de medição em que se fizeram análises individuais na seção anterior deste capítulo. A partir da ótica dos Paradigmas Pontual e de Conjunto, que formam uma base útil para a interpretação dos raciocínios dos estudantes durante os procedimentos de medição, realiza-se, nesta seção, uma discussão geral dos avanços dos estudantes quanto à coleta, processamento e comparação de dados.

Coleta

Pelas análises individuais, verificou-se que os estudantes 1, 6, 11 e 12 finalizaram o procedimento da coleta dos dados sem repetir lançamentos, cujas ações e justificativas apresentadas foram classificadas com visões compatíveis às do Paradigma

Pontual. Por outro lado, os estudantes 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 concluíram a coleta dos dados repetindo, por si mesmos, lançamentos durante a atividade experimental. No caso dessa última situação, discutiu-se que os estudantes estavam interessados em obter medidas iguais ao lançarem a bolinha, revelando que eles também mantinham uma previsão compatível com a do Paradigma Pontual.

Em geral, as discussões em torno das ações dos estudantes, na coleta, permitiram entender que eles não imaginavam que a medida apresentasse uma incerteza em seu valor no procedimento de medição. Ou seja, todos os estudantes envolvidos apresentaram ideias caracterizadas em um Paradigma Pontual ao finalizar o procedimento da coleta de dados no trato da medida. Esses participantes não vêem a importância de obter o valor médio de uma distribuição como o melhor resultado de medida da grandeza física experimental em um procedimento de medição. Os conhecimentos prévios de todos os participantes foram caracterizados como condizentes com o Paradigma Pontual ao tratar a questão da medição de uma grandeza física.

A partir de uma prévia sondagem das ideias iniciais apresentadas pelos estudantes, inicia-se uma série de formulação de perguntas, provocando-os durante os procedimentos de medição. Tais provocações são advindas do próprio experimento selecionado ao mostrar que os lançamentos da esfera proporcionavam uma flutuação em seus valores de medidas. Desse modo, o conflito ocorrido entre seus conhecimentos de senso comum apresentado pelos estudantes e as observações após a execução do lançamento da esfera levaram os estudantes a uma reflexão e maior cautela em relação às ações vindouras frente ao experimento.

Pode-se notar que os estudantes 2, 3, 5, 7, 8, 10 e 12, intencionados em obter medidas iguais, diante das perguntas provocativas, decidiram realizar uma série de lançamentos da bolinha na rampa com a intenção de compreender melhor o que de fato estava ocorrendo. De acordo com Millar (1987), esse tipo de ação apresentado pelos estudantes é satisfatório em um processo de ensino e aprendizagem em ciências porque permite mostrar algum resultado de aprendizado quando os envolvidos têm a oportunidade de agir de forma livre na obtenção de seus dados com ações semelhantes às de um cientista frente a uma experiência.

As perguntas provocativas e as observações promovidas, após a realização dos lançamentos da bolinha, fizeram com que os estudantes, de modo geral, acreditassem que os erros experimentais ocorridos fossem ocasionados pela imperícia do experimentador. E

isso pode ser observado nos comentários dos estudantes participantes, alegando que há uma grande dificuldade de se colocar a esfera em uma posição adequada na rampa de lançamento.

Durante a discussão promovida, foi possível detectar nas falas dos estudantes durante as entrevistas a utilização de alguns termos que são comentados no estudo da teoria dos erros experimentais, tais como: variação, variável, probabilidade, valor médio, valor aproximado e chance. Tal fato mostrou a viabilidade de promover atividades experimentais para que se possam discutir ideias e conceitos que somente fazem parte de um ensino mais avançado via uma formulação de perguntas na realização de um experimento quantitativo.

Nota-se, pelas reflexões realizadas por esses estudantes, que eles mantiveram uma preocupação em realizar a repetição dos lançamentos, empenhando-se em controlar e obter uma posição adequada para efetuar os lançamentos, dos quais poderiam resultar em distâncias distintas. Desse modo, é possível garantir que os envolvidos mantiveram uma preocupação em realizar a minimização de erros experimentais durante suas ações diretas na obtenção de seus dados. Em vista disso, é notável observar que o encaminhamento didático baseado em provocações propiciou aos estudantes realizarem uma melhor coleta de dados por ter-se certificado da aleatoriedade da medida.

Constata-se também que os estudantes que mantinham ideias direcionadas em obter resultados iguais de medições durante a atividade experimental, ao deparar-se com uma variação das mesmas, optaram por abandoná-las e interessar-se por dados que se apresentavam mais próximos. Nota-se, nesse procedimento de medição, que o estudante vê uma grandeza física experimental como algo que pode ser expresso como um possível valor, ou seja, como uma aproximação em detrimento da variação ocorrida dos dados obtidos em razão dos lançamentos da esfera.

A coleta de dados advinda da participação dos alunos mostrou ser uma âncora de suma importância direcionada pelas perguntas, promovendo uma discussão do valor de uma grandeza física experimental.

Processamento

Nas análises relativas aos processamentos, foi observado como os estudantes, empenhados em minimizar os erros experimentais ocorridos durante a atividade experimental, decidiram escolher um bom representante de medida em suas distribuições.

Diante de uma distribuição de dados, um bom representante de medição, segundo Vuolo (1992), é aquele que procura levar em consideração um intervalo de valores

de medidas. Um avanço nesse sentido foi alcançado na maioria dos estudantes (estudantes 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 e 10), que assim procederam na intenção de minimizar os erros experimentais por terem escolhido um valor pertinente em um intervalo, enquanto os demais estudantes (5, 11 e 12) não tiveram essa preocupação explícita.

Pode-se dizer que a média, de acordo com o formalismo matemático, foi apresentada pelos estudantes como um bom representante de medida em um conjunto de dados. A média aritmética foi utilizada, como resposta à questão geral, pelos estudantes 1, 3, 4, 6, 7 e 9. Os estudantes que decidiram por escolher a média são aqueles que, durante a realização da atividade experimental, mostraram-se inicialmente preocupados em obter medidas iguais, e o fato de eles não terem conseguido fez com que se contentassem com um resultado que pudesse expressar todos os dados de suas distribuições. Caso semelhante também foi encontrado entre os estudantes universitários contemplados na investigação realizada por Buffler et al. (2001).

Entre os seis alunos, um tipo de processar dados foi apresentado pelos estudantes 1 e 6 que, diante de uma distribuição, decidiram levar em conta apenas alguns dados para a obtenção de suas médias. Também os estudantes universitários que fizeram um curso de laboratório, tiveram, segundo a investigação de Buffler et al. (2001) ideias desse tipo. Entretanto, houve uma diferença na escolha dos dados por parte dos alunos 1 e 6. O estudante 1 processou seus dados, levando em conta as marcas próximas (duas) e desconsiderando as restantes (três). Já o estudante 6 realizou a média somente considerando os valores extremos. Também um outro tipo de processar dados foi apresentado pelos estudantes 3, 4, 7 e 9 que, diante de uma distribuição, decidiram levar em consideração todos os dados para estabelecer o cálculo do valor da média do conjunto. Dentre esses estudantes, o estudante 7 ainda processou seus dados desconsiderando um, por entender que ele fosse decorrente de uma condição experimental diferente daquela que propiciou os demais dados úteis para o cálculo da média. Também dos alunos que optaram por uma média, o estudante 3 decidiu processar seus dados, levando em conta para o cálculo da média, até mesmo os valores de medidas iguais que ocorreram em suas medições.

Por outro lado, um outro tipo de processar dados foi utilizado pelos estudantes 2, 8, 5, 10, 11 e 12, que decidiram levar em consideração as marcas coincidentes ou próximas para, a partir daí, fazer uma média qualitativa (sem cálculo) obtida em uma região da distribuição dos dados considerados. Contudo, é possível dizer que alguns deles apresentaram certa semelhança por selecionarem um resultado de medição, havendo, porém, diferença na escolha desse resultado. Os estudantes 2 e 8 processaram a média qualitativa,

levando em conta os dados coincidentes ou próximos, mas desconsiderando alguns dados obtidos em suas distribuições, por entenderem que eles fossem decorrentes de imperícia do experimentador. Também esses mesmos estudantes decidiram levar em conta o intervalo de flutuação de valores mínimo e máximo da região selecionada por eles. O estudante 10, por sua vez, decidiu obter a média qualitativa, levando em conta todos os dados de sua distribuição e intervalo de flutuação dos valores das medidas do conjunto selecionado.

Os estudantes 5, 11 e 12 decidiram processar seus dados escolhendo uma média qualitativa sem levar em consideração o intervalo de flutuação em seu resultado de medição. Os estudantes 5 e 11 fizeram a média qualitativa, levando em conta os dados coincidentes ou próximos, mas desconsideraram os restantes. Já o estudante 12 considerou o conjunto todo de dados para inferir a média qualitativa apresentada no meio da distribuição de dados.

As análises individuais dos processamentos dos dados dos estudantes apontaram avanços significativos no trato das medidas. Discutiu-se que isto foi alcançado quando eles, diante de suas respectivas distribuições, decidiram escolher um valor que levasse em conta o conjunto dos dados, em vez de optarem por um valor único. Esse procedimento utilizado pelos estudantes é mais condizente com o Paradigma de Conjunto do que com o Paradigma Pontual no trato da medição de uma grandeza física experimental. Pode-se dizer que a modificação das ideias dos estudantes pertinentes em um Paradigma Pontual para as condizentes com o Paradigma de Conjunto somente foi possível graças às reflexões sobre os dados do experimento selecionado confrontados com as perguntas provocativas.

Nesse procedimento, a obtenção de dados pelo estudante foi de suma importância para suas reflexões realizadas a cada evento, levando-o a processar como um bom resultado de medida um valor médio ou uma média qualitativa. Desse modo, checkou-se que os estudantes acabaram por abandonar suas ideias de senso comum e adotam o critério de levar em consideração o conjunto de dados e alguns dados que são caracterizados por apresentar valores discrepantes em relação aos dados próximos.

Também convém comentar que alguns estudantes, a partir da realização de uma boa quantidade de lançamentos da bolinha, acabam deixando de lado o instrumento de medição e interessam-se mais na obtenção de dados cada vez mais próximos uns dos outros. Esse fato fez com que os estudantes, ao processarem seus dados, decidissem por escolher como um bom resultado de medição uma média qualitativa segundo alguns estudantes citados anteriormente. Assim sendo, esse resultado escolhido por esses alunos é tão bom quanto

qualquer outro resultado de medição expressado pela média aritmética por meio de um formalismo matemático nessa atividade experimental.

É interessante notar que os participantes apresentam ideias de que o melhor resultado de medição seja dado por um valor central médio em razão da variabilidade dos dados. Os participantes apresentam maior interesse em um resultado de medida de uma grandeza física experimental que é obtido por dados próximos e justifica essa opção acreditando que eles sejam advindos de uma minimização de erros ao realizar alguns lançamentos da esfera na rampa.

Comparação

Discutem-se agora os resultados obtidos, levando em conta o entendimento dos estudantes a respeito de como processar dados relacionados às outras distribuições de dados que foram propostas na intenção de realizar comparações. Durante o procedimento da comparação, os estudantes, no geral, decidiram manter o mesmo raciocínio ao processar os dados referentes às distribuições apresentadas nas etapas I e II.

Nota-se que alguns estudantes (2, 5, 8, 10, 11 e 12) mantiveram a mesma forma de processar os dados para efetuar as comparações, isto é, eles consideraram alguns pontos coincidentes ou que se situavam próximos para obterem uma média qualitativa. Enquanto outros (1, 3, 4, 6, 7 e 9) optaram por processar a média da distribuição, levando em conta os dados mais próximos nas distribuições apresentadas nas folhas 1 e 2.

Os estudantes, no geral, demonstraram ter um raciocínio interessante no processo de medição, descartando tanto dados anômalos, quanto o dado afastado em relação à distribuição consignada na página superior, e também os demais dados que não se situavam próximos nas etapas I e II.

Com relação à compatibilidade das medidas, na etapa da comparação entre as distribuições, alguns estudantes deram um tratamento segundo o qual suas medidas eram iguais por apresentarem a média inserida no intervalo de valores da outra distribuição em questão (4, 6 e 7). Também o estudante 3 tratou as medidas como compatíveis ou iguais. Isso foi justificado quando ele, diante da sobreposição, alegou que os valores de seu conjunto de medidas estavam sobrepostos ao conjunto da outra distribuição de dados, ou seja, as medidas se sobrepunham umas às outras. Tal achado também foi encontrado por alguns estudantes universitários em um curso de Física participantes por Buffler et al., (2001).

Também foram encontrados alguns estudantes (8 e 10) que trataram as medidas como compatíveis ou iguais na etapa II da comparação, ao realizarem a sobreposição

de seus dados com os das duas distribuições dos dez dados interpolados. Nesses casos, os estudantes depositaram maior confiança na média qualitativa de cada conjunto de dados para julgarem suas igualdades, mesmo diante dos espalhamentos desiguais vistos nas respectivas distribuições.

É possível afirmar que os estudantes progrediram ao realizar as comparações entre duas ou mais amostras baseadas em médias ou médias qualitativas, em vez de dado a dado (ponto a ponto). Tais resultados são importantes no trato da medida ao mostrar um avanço de suas ideias em direção ao Paradigma de Conjunto.

Na etapa I, o dado mais distante foi excluído pelos estudantes (2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 e 11), sendo tratado como um valor obtido sob condição experimental diferente daquela que possibilitou obter os demais dados que se situavam próximos e, especificamente, considerando esse dado como resultado de um lançamento realizado em posição inadequada na rampa. Já os estudantes (1, 6 e 12) supuseram que esse dado diferenciado talvez fosse obtido de um lançamento da bolinha realizado com uma pequena variação no impulso, então descontrolado, no momento de soltar a bolinha na posição na rampa. E o estudante 3, nas etapas I e II, explica que o dado diferenciado seja tratado como um fato raro e que não se repetirá com frequência. Entendimento esse mais próximo ao de dado anômalo. Já, na etapa II, com exceção deste último estudante, todos os outros participantes explicaram que o dado diferenciado era resultante do descuido da posição e do impulso da bolinha ao soltá-la.

Pode-se dizer que todos os avanços nos procedimentos de medição apresentados pelos estudantes, durante a atividade experimental, somente foram possíveis graças ao encaminhamento didático. Também é possível afirmar que as perguntas provocativas e o experimento selecionado permitiram aos estudantes entender que os erros podem ser minimizados somente por sucessivas tentativas de lançar a bolinha para reduzi-los e que estes não podem ser totalmente extintos. Tal entendimento é justificado pelas ações dos estudantes apresentadas ao decidirem por processar os dados escolhendo como um bom resultado de medida um valor que levou em consideração o conjunto de dados em vez de selecionar um único valor.

Pode-se concluir que os estudantes 3, 4, 6 e 7 obtiveram um avanço um pouco maior do que os estudantes 1 e 9, os quais, por sua vez, obtiveram um avanço um pouco maior que os estudantes 2, 5, 8, 10, 11 e 12. Porém, todos os alunos demonstraram avançar ao tratarem as medidas, durante o procedimento de medição, como aleatórias.

De modo geral, os estudantes mantiveram um raciocínio de processar dados semelhantes no trato das medidas ao escolher uma média qualitativa ou uma média aritmética.

Por exemplo, o aluno que optou por uma média qualitativa mostrou uma confiança em dados mais próximos, desprezando os dados mais discrepantes da distribuição por entender que eles fossem decorrentes de imperícias experimentais, ou seja, ao obter a média qualitativa, o aluno opta por um valor médio de sua amostra.

Por meio desse aprendizado propiciado pelo encaminhamento didático, foi possível checar que alguns estudantes fizeram o resgate de um conceito de média. Por outro lado, os demais alunos que não utilizaram o mesmo formalismo matemático decidiram representar o resultado da medida da grandeza física experimental por meio de uma média qualitativa que era um valor bem próximo da média da distribuição encontrada.

Constata-se que as ideias dos estudantes, durante o processamento de dados de suas amostras, são idênticas quanto à sua escolha de um bom resultado de medida. No caso, os alunos que optaram por uma média qualitativa mantinham-se preocupados em dados próximos decorrentes de uma mesma condição experimental já os demais escolheram o valor médio de suas amostras em consequência dos dados se apresentarem próximos uns dos outros. Podemos entender que, independente de suas opções diante das amostras, todos os envolvidos acreditam que o melhor resultado em um processo de medição seja concebido como um valor central.

Das discussões, apresenta-se na sequência alguns avanços das ideias dos estudantes intencionados em obter um resultado de medida da grandeza física experimental. Tais avanços demonstram um raciocínio utilizado pelos participantes condizentes em direção ao Paradigma de Conjunto.

1- Os participantes sem a realização de perguntas provocativas permaneceriam no procedimento de coleta de dado para responder à questão geral e, como se mostrou, eles acabaram por considerar os dados agrupados e uma média entre eles. Tais participantes mostram uma conscientização da aleatoriedade do resultado durante a coleta após as reflexões e ações.

2- Alguns estudantes preocuparam-se em considerar como resultado dados próximos, considerando os lançamentos feitos com maior cautela para evitar erros. Pode-se afirmar que os estudantes mostraram avanço ao processar uma média qualitativa como resultado de medição, levando em conta os dados coincidentes ou próximos desconsiderando os demais, em vez de se contentar com apenas um valor, por entender que eles tenham sido decorrentes de imperícia. Tais estudantes avançaram na definição da medida em razão de apresentar um valor que melhor representasse o conjunto dos dados considerados, ao invés de selecionar um único valor.

3- As reflexões, provocadas pelas tentativas, mostram um avanço significativo no raciocínio de alguns estudantes que, em consequência, avaliam o resultado de medição que levou em conta um intervalo de flutuação de medidas.

4- Alguns alunos optaram por escolher uma média aritmética, levando em consideração o conjunto de dados, em vez de escolher uma medida única no processamento de dados de suas amostras.

5- Alguns estudantes tratam a média como se fosse um valor aproximado, valor esse denominado, na teoria dos erros experimentais, como o valor verdadeiro ou alvo de uma grandeza física experimental durante o processamento de dados de suas amostras.

6- As provocações levaram o estudante, durante o procedimento de comparação de dados, a avançar no procedimento de medição ao escolher uma média qualitativa ou uma média aritmética, desprezando apenas o dado diferenciado da distribuição.

7- Os alunos alegam que, se o valor diferenciado apresentado na etapa da comparação entre duas ou mais amostras for considerado, ele pode ocasionar uma média inadequada em relação ao conjunto todo de dados.

8- Alguns estudantes realizaram a comparação de dados entre duas ou mais amostras, levando em conta a média aritmética e não dado a dado (ponto a ponto). Já, outros realizaram a comparação de dados entre duas ou mais amostras, considerando as médias qualitativas e não dado a dado (ponto a ponto).

9- Os estudantes participantes demonstraram entender a respeito da relação entre a altura e a distância da bolinha no solo, ao avaliar a posição de lançamentos da esfera na rampa inclinada no procedimento de comparação entre duas ou mais amostras.

10- Alguns alunos apresentaram um avanço maior em relação aos demais, ao tratar o resultado de medida como sendo iguais durante a sobreposição de duas ou mais amostras. Tal entendimento é justificado quando eles respondem que a média obtida por eles pertence a um intervalo de valores da amostra colocada em questão.

Desse modo, constata-se que os estudantes acabaram por abandonar suas ideias de senso comum e adotaram o critério de levar em consideração o conjunto de dados e alguns dados que são caracterizados por não apresentar valores discrepantes em relação aos dados próximos.

Observa-se que, no procedimento de coleta de dados que os estudantes frente às contradições ocorridas entre a teoria e a evidência, abandonaram suas ideias de senso comum para, a partir desses acontecimentos, assumirem uma nova postura no trato da medida. Desse modo, esses alunos buscavam concentrar sua atenção no ato de soltar a esfera da

melhor forma possível na posição de lançamento, ou seja, é visível por parte de todos os participantes, que há uma preocupação em minimizar ao máximo os erros experimentais durante a realização da atividade experimental.

CONCLUSÃO

Este estudo contribuiu para fornecer um encaminhamento didático constituído por perguntas provocativas e o experimento selecionado, mas não inclui a transmissão direta da informação pelo educador, embora interessante para o processo educacional sobre medição. O encaminhamento pode permitir que os estudantes tenham entendimento compatível com o almejado no Paradigma de Conjunto, que envolve a noção de erros experimentais quando se trata de um resultado de medição como um valor aproximado e pertencente a um intervalo de valores de medidas; enquanto se trata o resultado de medição como um valor provável de medida em termos de probabilidade. Nesse último caso, alguns estudantes ainda podem resgatar e aplicar a noção de média aritmética, procedimento que costumeiramente têm para os resultados de suas avaliações anuais nas disciplinas.

Apesar dos avanços significativos relacionados ao uso da média e ao que se especificou aqui de média qualitativa, os estudantes não idealizam como essencial à natureza estatística da medida. O encaminhamento didático apresentado não foi desenvolvido com a finalidade de encontrar, em estudantes do ensino médio, ideias qualitativas quanto ao tratamento estatístico no trato dos procedimentos de medição, pois isso seria muita pretensão nossa. Desse modo, os nossos estudantes de nível médio necessitam de algumas atividades pedagógicas instrucionais que os ajudem a ampliar sua compreensão a respeito do significado da média e da aleatoriedade inerente da medida. Do formalismo matemático possível por esse encaminhamento didático, relacionado à média, o que se faz necessário, portanto, é que os estudantes do ensino médio desenvolvam compreensões estatísticas para dar o tratamento devido a um resultado de medição.

Mesmo diante dos limites educacionais, foi apresentada pelos estudantes participantes, uma aprendizagem significativa quando eles abandonam suas ideias prévias caracterizadas no Paradigma Pontual no trato da medição de uma grandeza física experimental e passam a admitir a aleatoriedade da medição. Assim sendo, uma futura pesquisa poderia dar-se na forma de, partindo do encaminhamento didático aqui proposto e utilizando-se de outras atividades, uma intervenção pedagógica que potencialize o aprendizado do Paradigma de Conjunto. Nesse sentido, mediante os avanços obtidos, ao usar o encaminhamento didático, o educador pode estabelecer os conceitos estatísticos necessários a serem instruídos para fazer com que os estudantes realmente venham a aplicá-los adequadamente em atividades experimentais que envolvam mensurações.

Espera-se que a inspiração construtivista aqui dada às provocações venha proporcionar uma melhoria no conhecimento do educador sobre o desenvolvimento dos raciocínios dos estudantes em medição. Provoações que podem servir não somente para conduzir a certos entendimentos e avaliá-los, mas que podem ser de grande valia também tanto em situações individuais quanto coletivamente com alunos distribuídos em pequenos grupos de estudo.

As perguntas provocativas e o experimento selecionado mostraram ser importante como uma ferramenta pedagógica auxiliadora para a aprendizagem no ensino de Física dos procedimentos de medição de uma grandeza física experimental. Esse encaminhamento não é nenhuma panacéia para solucionar os problemas relacionados com a medição, porém, diante dos resultados aqui encontrados pelos doze estudantes participantes, seja um instrumento valioso para o professor iniciar uma boa discussão com seus alunos em sala de aula para começar um estudo mais cedo dos erros embutidos em um procedimento de medição de uma grandeza física.

Nota-se que a utilização de um experimento simples, de baixo custo e de fácil manuseio, possibilita desenvolver uma atividade investigativa no ensino de Física, envolvendo estudantes em uma discussão a respeito de assuntos como a medição. Desse modo, espera-se que atividades quantitativas, envolvendo o conceito de medição possam ser cada vez mais exploradas pelos professores no ensino de ciências físicas. Ademais, que esse tipo de experimento seja contemplado desde as séries iniciais nas instituições escolares de educação básica de ensino com a finalidade de levar o aluno a compreender alguns conceitos que estejam envolvidos em um resultado de medição.

Nossa maior preocupação nesse estudo foi direcionada no entendimento dos erros da medida inerentes em um procedimento de medição de uma grandeza física experimental. Tais erros experimentais cometidos durante as medições são os verdadeiros responsáveis para dar um toque de qualidade em um resultado de medição, mediante um teste de hipóteses por parte dos alunos no confronto entre a teoria e evidência. Desse modo, negar aos estudantes do ensino médio as noções de aleatoriedade da medida acarreta em instituir, no espírito deles, as ideias que não correspondem ao funcionamento da ciência. Cita-se como exemplo as leis físicas apresentadas em nossos livros didáticos, assim como as medidas são exatas e que a verdadeira medida existe. Assim sendo, levar em consideração a incerteza é fundamental para quantificar a adequação dos conceitos, dos modelos e das hipóteses à realidade. Tais noções são relevantes no ensino de Física em um nível médio, pois o estudante, em um curso de Física, depara-se com os erros experimentais nas aulas de

laboratório. Nesse momento, ele recebe apenas instruções mais direcionadas ao tratamento estatístico ao invés de entender os conceitos que se fazem presentes ao abordar tal assunto no ensino de Física.

Embora não se tenha concluído um processo educacional sobre medição, dentro da concepção construtivista, buscou-se aqui estimar uma educação que possa ser mais significativa, metodologicamente dizendo, na valorização da aprendizagem por meio de perguntas provocativas com investigação experimental.

O fato de os estudantes participantes mostrarem uma grande preocupação em minimização de erros experimentais nos faz refletir sobre como desenvolver uma estratégia de ensino em Física sobre as atividades que permitam discutir a respeito dos erros ocorridos. Uma estratégia de ensino muito interessante seria a utilização de uma série de instrumentos de medições de boa resolução com a finalidade de entender o que ocorre com as variações decorrentes dos procedimentos de medições com esses instrumentos. Também, uma outra estratégia de ensino aconselhável poderia ser desenvolvida com base na sobreposição entre duas ou mais amostras pictóricas com a finalidade de estudar as variáveis envolvidas ao tratar dos erros experimentais em qualquer contexto.

Por fim, o encaminhamento didático pode ser uma alternativa educacional para que os estudantes desenvolvam noções importantes sobre medição antes que conceitos abstratos e desconhecidos, como o desvio padrão, o qual pode ser transmitido pelo educador.

REFERÊNCIAS

- ALLIE, S. et al. First year physics students' perceptions of the quality of experimental measurements. **International Journal of Science Education**, França, v.20, n.4, p. 447-459, 1998.
- AXT, R. O papel da experimentação no ensino de ciências. In: MOREIRA, M. A; AXT, R. **Tópicos em ensino de ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991. p. 79-90.
- BAILIN, S. Critical thinking and science education, **Science & Education**, v. 11, p. 361-375, 2002.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Lisboa: Porto, 1994.
- BUFFLER, A.; ALLIE, S.; LUBBEN, F.; CAMPBELL, B. The development of first year physics student's ideas about measurement in terms of point and set paradigms, **International Journal of Science Education**, França, v. 23, n.11, p.1137-1156, 2001.
- CAMPOS, M. C. C; NIGRO, R. G. **Didática de Ciências**. O ensino-aprendizagem como investigação, São Paulo: FTD, 1999. Cap. 1 e 2.
- CAUZINILLE-MARMÉCHE, E.; MEHEUT, M.; SÉRÉ, M. G.; WEIL-BARAIS, A. The influence of a priori ideas on the experimental approach. **Science Education**, França, v. 69, n. 2, p. 201-211, 1985.
- COELHO, S. M. **Contribution a l'étude didactique du mesurage en physique dans l'enseignement secondaire**: description et analyse de l'activite intellectuelle et pratique des eleves et des enseignants, 1993. Tese (Doutorado em Ciências Físicas) - Universidade de Paris, França.
- MEDIDA. In: **ENCICLOPÉDIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**. São Paulo: Companhia Melhoramentos de São Paulo Indústrias de Papel, v. 7, p. 156, 1982.
- FERREIRA, A. B. H. **O Dicionário da Língua portuguesa**. 5. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001.
- FIORENTINI, D. ; LORENZATO, S. **Investigação em educação matemática**. Campinas: Autores Associados, 2006.
- GERMANN, P. J.; ARAM. R. J. Student performances on the science processes of recording data, analyzing data, drawing conclusions, and providing evidence. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, n. 7, p. 773-798, 1996.
- GOMES, A.O.T.;BORGES, A. T.; JUSTI, R. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa. **Investigações em ensino de Ciências**. v.13, n.2, p 187-207, 2008.
- HALLIDAY, D. RESNICK, R. Medição. In: _____. **FÍSICA 1**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora, 1986. p. 1-13.

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

HELENE, O. TSAI, S. P. ; TEIXEIRA, R. R. P. O que é uma medida. **Revista de Ensino de Física**, v.13, p.12-29, 1991.

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

HIRVONEN, P. E.; VIIRI, J. Physics student teachers' ideas about the objectives of practical works. **Science & Education**, v. 11, p. 305-316, 2002.

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

_____, Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratório. **Enseñanza de lãs Ciências**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

JOURNEAUX, R.; SÉRÉ, M. G. Traitement statistique des incertitudes en physique: problèmes scientifiques et didatiques, **European Journal Physics**, v. 15, 266-292, 1994.

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.

KIRSCHNER, P. A. Epistemology, practical work and academic skills in science education. **Science & Education**, v. 1, p. 273-299, 1992.

KUHN, T. S. A função da medida na ciência In: _____. **A tensão essencial**: biblioteca de Filosofia Contemporânea, ed. 70, Lisboa, 1977. p. 223-273.

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

_____, **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1987, p. 257.

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.

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**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 1- 26, 2003.

_____, Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores. **Investigações em ensino de ciências** , Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 1-19, 2005.

_____, Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, v.23, n.3, p. 382-404, dez 2006.

_____, C. E. La crítica en la enseñanza de las ciencias: constructivismo y contradiction, **Enseñanza de las ciencias**, 14, 1, 93-101, 1996.

LAVONEN, J., JAUHAINEN, J., KOPNEN, I. T. ; KURKI-SUONIO, K. Effect of a long-term in-service program on teachers' beliefs about the role of experiments in physics education, **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 3, p. 309-328, 2004.

LEITÃO, S. **Argumentação como processo de construção do conhecimento**. In: ENCONTRO INTERNACIONAL LINGUAGEM, CULTURA E COGNIÇÃO: Reflexões para o Ensino, 2., 2003, Belo Horizonte, Minas Gerais, UFMG, CD-ROM, 26p, 2003.

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

LORENCINI, A. J. O ensino de ciências e a formulação de perguntas e respostas em sala de aula. In: TRIVELATO, Silvia Luzi Frateschi. **Coletânea Escola de Verão para professores de prática de ensino de física, química e biologia**. Serra Negra, São Paulo: FEUSP, 1995. p.105-114.

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.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. M. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MÄNTYLÄ, T. KOPONEN, I. T. Understanding the role of measurement in creating physical quantities: a case study of learning to quantify temperature in physics teacher education, **Science & Education**, v. 16, p. 291-311, 2007.

MARINELI, F.; PACCA, J. L. A. Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo v. 26, n. 4, p. 497-505, 2006.

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

MILLAR, R. Towards a role for experiment in the science teaching laboratory. **Studies in Science Education**, v. 14, p. 109-118, 1987.

MION, R.A. et al. Prática educacional dialógica em Física via equipamentos geradores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.12, n.1, p. 40-46, abr. 1995.

MOREIRA, M. A. A teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget. In: MOREIRA, M. A. **Teorias da aprendizagem**. São Paulo: EPU, p. 95-107, 1999.

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

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

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares de Física para a Educação Básica**. Curitiba: SEED, p. 1 – 46, 2006.

PESSOA, O. F. ; GEVERTZ, R. ; SILVA, A. G. **Como ensinar ciências**. v. 104, 5. ed, São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1985.

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.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. ; SLOT, P. H. A argumentação em discussões sócio-científicas: reflexões a partir de um estado de caso, **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, I (1), p. 140-152, 2001.

SÉRÉ, M. G. Towards renewed research questions from the outcomes of the european project labwork in science education, **Science Education**, v. 86, p. 624-644, 2002.

SIEGEL, R. **The rationality of science, critical thinking and science education**, Synthese, v. 80, p. 9-41, 1989.

SOLOMON, J. Learning through experiment, **Studies in Science Education**, v. 15, p. 104-108, 1988.

TIPLER, A. P.; MOSCA, G. **Física em volume único**. 5.ed. São Paulo: LTC, 2006.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: Martins Fontes, São Paulo, 1984.

VOLOSHINOV, V. N. **Marxismo e filosofia da linguagem**, São Paulo: Hucitec, 1992.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da teoria de erros**. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.

WATSON, J. R., SWAIN, J. R. L., McROBBIE. C. Students discussions in practical scientific inquiries, **Internacional Journal of Science Education**, v. 26, n.1, p. 25-45, 2004.

WELZEL, M.; HALLER, K.; BANDIERA, M.; HAMMELEV, D.; KOUMARAS, P.; NIEDDERER, H.; PAULSEN, A.; ROBINAULT, K., VON AUFSCHNAITTER, S. Teachers' objectives for labwork. Research tool and, cross country results, European Commissions Targeted Social-Economic Research Programme Project PL 95-2005, Labwork in Science Education, Working Paper 6, University of Bremen.1998. Disponível em:< <http://www.physick.uni-bremen.de/physics.education/niedderer/projects/labwork/index.html>>

ANEXO

ANEXO A

Dados Brutos das Entrevistas

Estudante 1Coleta

Qual o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Deu 47cm. Como você utiliza a régua? Deu 47,3cm. Onde você coloca o zero da régua? O zero eu coloquei no ponto inicial na marca do prumo e o valor 47,3cm eu coloquei no ponto final da marca da queda da bolinha. Esse valor que você encontrou é um bom resultado para seu problema? Eu acho que não porque o impulso não influencia nada. Posso fazer de novo e dar outra distância para ver se a bolinha vai cair no mesmo ponto. O que levou você a soltar a bolinha duas vezes na posição indicada na rampa? Eu não tenho certeza se este aqui é o correto que às vezes eu posso ter dado um impulso. E a primeira foi mais longe. Você realizou os abandonos da bolinha da mesma posição indicada na rampa? Eu acho que eu fiz dado como ele está. Agora eu acho que deu 48cm. O primeiro deu 47,3cm e o segundo deu 48cm.*

Processamento

Qual é o valor da distância da bolinha no solo após ser abandonada da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *A primeira, porque eu coloquei no lugar mais correto, o primeiro eu coloquei certinho aqui na seta indicada na rampa e a segunda eu coloquei mais acima na rampa e ela foi mais longe. O que deve ocorrer com a bolinha se você abandoná-la mais três vezes da mesma posição da rampa? Justifique sua resposta. Pelo que eu vi desses dois lançamentos que eu fiz. Eu acho que seriam diferentes. Faça e veja. O que você observou? O quinto caiu próximo do segundo. Quase na mesma distância. O que deve estar acontecendo? Eu acho que isto se deve à velocidade da bolinha que ela percorreu até cair. Eu acho que se deve ao jeito que eu soltei a bolinha. Eu vou escolher 48cm pelas duas que caíram muito próximas. Pela 2ª e 5ª que caíram próximas e foram as duas que eu procurei acertar mais na hora de soltar a bolinha. Eu fico com o valor de 48cm. Por que você escolheu esse resultado de medida? Pela média das duas. A primeira deu 47,3cm e a segunda é 48cm. Eu fico com a segunda e a quinta.*

Comparação

O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao soltá-la da rampa é maior, menor ou igual ao valor encontrado da distância pelo sujeito 1 (etapa I)? Justifique sua resposta. *Eu estou comparando. Os lançamentos dele deram quase igual aos meus, somente o que mudou é que o segundo e o quinto que saíram quase juntos e os dele foi o primeiro e o segundo que caíram juntos. As distâncias dele só alteraram no decorrer dele lançar as bolinhas. É diferente. Eu acho que o meu alcance foi maior. Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser abandonada na rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. Eu escolho o primeiro e o segundo lançamento. Por que você escolheu esse resultado? Porque eu acho que é o primeiro e o segundo porque o meu eu achei que era o segundo e o quinto. Como assim? Eu acho que é o primeiro e o segundo porque é uma distância dos dois pontos estão bem mais próximos. O meu ficou o segundo e o quinto e o dele ficou o primeiro e o segundo. O que significa os pontos estarem bem mais próximos para você? Eu acho que assim dá para tirar uma média do ponto que a bolinha pode alcançar. Porque de cinco lançamentos, três pontos foram bem diferentes desses dois pontos e aqui os dois pontos caíram juntos e a distância ficou menor. O valor que você encontrou da distância*

da bolinha no solo ao soltá-la da rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado da distância pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *O valor da distância encontrado pelo sujeito 2 é menor. O que você quer dizer com isso? Baseado na maior distância dele e no ponto que pegou mais com o meu e, isso é bem visível.* O sujeito 2 abandonou a bolinha da mesma posição na rampa conforme você fez? Justifique sua resposta. *Não, porque não tinha seta. Todos são praticamente impossíveis porque não tinha a marca da seta na rampa.* Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta pelo sujeito 2 (etapa II)? Justifique sua resposta. *Esses dois. O segundo e o quinto. E novamente caíram próximos um do outro.* Nessa situação, o que você faria para oferecer um bom resultado da distância da bolinha no solo? Justifique sua resposta. *Eu pegaria o valor da distância dos dois pontos e faria uma média. Vamos supor que esse valor fosse de 31cm e 30 cm eu faria uma média dos dois.* O que você faria com os outros pontos? *Eu estou usando uma hipótese professor dos pontos que caíram mais próximos que é a distância que está certa. Esses dois, o primeiro e o terceiro caíram bem distantes. Já entre estes três aqui, especificamente, o segundo e o quinto caíram bem mais próximos. O segundo e o quinto quase foram lançados do mesmo ponto na rampa, quase no mesmo ponto, pouca diferença.* E o que aconteceu com os outros pontos? *Eles foram lançados de lugares diferentes.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser abandonada da rampa é maior, menor ou igual ao valor encontrado da distância pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. *O valor da distância dele é menor. Você tem alguma justificativa para isso? Porque a maior distância dele comparando com a minha chega quase na menor distância minha.* Qual seria uma boa estimativa de medida da distância da bolinha no solo? *O terceiro e o quarto porque foram iguais. Até agora esse foi o único que eu vi que caiu igual. Não tem nenhuma diferença. Caiu no mesmo ponto.* Você tem alguma explicação por que isso ocorreu? *Eu acho que o ponto para dar o lançamento foi o mesmo.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser abandonada da rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado da distância pelo sujeito 1? *Do sujeito 1 é maior. Como assim? Esses dois já dão uma diferença na distância. E esses dois caíram no mesmo ponto. E o quinto ficou mais afastado do que o quinto lançamento do sujeito 2. E esse daqui (5º lançamento) do sujeito 2 caiu mais (distância menor) caiu junto a esse (4º lançamento).* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha ao ser abandonada na rampa pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *Eu tiraria uma medida do quarto e quinto para tirar uma média.*

Estudante 2

Coleta

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta na posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Eu posso fazer de novo?* Por que você deseja realizar outro lançamento? *Eu quero ver se a bolinha vai cair no mesmo lugar.* O que você está querendo observar? *Eu quero ver se a bolinha vai cair no mesmo lugar. Se vai ser a mesma distância ou se pode variar.* Faça e veja. O que você observou? *Teve uma variação aqui. Eu achei que pudesse cair no mesmo lugar.* O que deve estar acontecendo? *Deve ter feito uma curva na hora de cair. Na hora que ela saltou da rampa.* Você acha que a bolinha vai cair no mesmo lugar? *Não, agora eu acho que não vai cair mais.* Que tal você tirar a prova disso? *Vamos.* Faça e veja. O que você observou? *Ai, agora caiu perto.* O que deve estar acontecendo? *Talvez porque da outra vez eu coloquei mais pra cima a bolinha na rampa.* Você não consegue fazer essa bolinha cair no mesmo? *Acho que não.* Como assim? *Eu acho que depende de achar o ponto certo na rampa.* Você deseja treinar para achar esse ponto certo? *Nossa... Deve ser muito difícil.* Como assim? *Deve ser difícil achar um ponto para fazer a bolinha pingar no mesmo lugar.* Como seria possível realizar isso? *Só com muito treino.* Então, treine. Pegue a bolinha e realize três lançamentos para achar a tal posição certa? *Se eu*

colocar a bolinha bem retinha aqui e soltar. (reflexão). O estudante fez um lançamento e observou. É já não deu igual. Mas você não fez esse lançamento da posição certa na rampa? Fiz. Então, tente novamente. Esse aqui caiu no mesmo lugar. Então, você achou a posição certa na rampa? Agora eu achei. Então, agora faça dois lançamentos na posição certa que você encontrou? Ué, caiu perto dessas duas juntas. Então, está certo da posição certa. Faça outro lançamento da posição certa? Aí de novo. Ah, O que é isso meu. Um, dois, três, quatro, cinco, seis e sete pinguinhos e não caiu no mesmo lugar. Por que a bolinha não caiu no mesmo lugar? Eu não estou achando o lugar certinho na rampa. Me empresta a bolinha. (A aluna realiza mais um lançamento). Ai caiu em cima agora desse aqui. Será que se você realizar outro lançamento ele vai cair de novo? Só experimentando para ver, né. O que você observou? Um pouco mais para frente. O que deve estar acontecendo? Essa bolinha não vai cair no mesmo lugar nem a poder de bomba ela não cai. Você não consegue achar a posição certa na rampa? Pode ser que eu ache, mas pode ser que ela faz alguma curva aqui. Não pode ser possível isso. Porque uma vai mais frente e outra vai mais pra trás. Eu acho que vai desse negócio aqui da posição dela de onde ela esta saindo. O que deve acontecer se você soltar a bolinha mais acima na rampa? Ela vai um pouco mais para frente. O que deve ocorrer se você soltar a bolinha da mesma posição da rampa? Ah, eu acho que no mesmo lugarzinho ela não vai cair. Ela vai cair próximo. Você pretende soltar a bolinha mais alguma vez? Sim, eu posso fazer dois lançamentos. Eu quero fazer um daqui bem no começo da rampa para ver se ela vai mais para frente. O que você observou? Veio. (...), eu vou fazer mais um. Faça e veja. O que você observou? (...). Solte a bolinha duas vezes da posição indicada na rampa? E agora, qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta na posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. O que você esta fazendo? Eu vou medir. Como você utiliza o zero da régua. Bem no meio das bolinhas. Se você mudar a posição da régua o resultado sofre alterações? Acho que não, é a mesma coisa.

Processamento

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta na posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *A altura vai influenciar. Deu 45,3 cm. Por que você escolheu esse valor? Por que você não escolheu o primeiro? Porque deu uma variação. A bolinha não caiu no mesmo lugar. Eu acho que aqui tem algum negócio. Não tem uma resposta correta. Eu acho que tem uma resposta aproximada. E não tem uma medida certa. Tem uma resposta aproximada. Como você acharia essa resposta aproximada? E qual seria? Faria aqui a medida. Deu 45,3 cm aproximadamente. Explique um pouco melhor por que você escolheu esse valor? Porque foi onde eu coloquei ali a bolinha bem no mesmo lugar certinho na rampa onde está indicado. E eu medi do prumo até aqui. O que significa os outros pontos para você? Eles servem para indicar que a bolinha não caiu no mesmo lugar. Por que você não escolheu a ultima marca? Porque ela foi jogada do lugar mais longe na rampa (alto). Por que você não escolheu essa marca anterior a essa? Porque pelo jeito ela não estava na posição certa. Como você sabe se está na posição certa ou não? Porque cada bolinha que eu soltei caiu em um lugar e quando eu coloquei na posição certa caiu aqui bem juntinha. Onde está o valor de 45,3 cm na folha. Quanto mede a marca que está ao lado? Deu 45,4 cm. E a outra? Deu 45,2 cm. Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta na posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. Deu 45,3 cm porque eu acho que essa é a certa. Você acha que você fizer cinco lançamentos da mesma posição você vai encontrar esse valor de 45,3 cm? Eu acho que não porque depende do lugar ali na rampa e não vai dar 45,3 cm. Faça e veja. O que você observou? Aí. (espanto). Ela caiu quase no mesmo lugar. Ela não caiu certa. Ela não caiu no mesmo lugar. Então, qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. Entre 44,8 cm e 45,5 cm. Elas caíram dentro desses dois valores. Qual é o valor da distância da bolinha no solo que se encontra*

entre esses dois valores? *Tem alguma conta. Eu daria 45 cm porque é o que esta mais perto entre o 44,8 cm e o 45,5 cm. É o que está aqui no meio.*

Comparação

Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo pelo sujeito 1? Justifique sua resposta (etapa I). *Nossa as marcas dele estão todas mais separadas. Nossa, deu muito diferente do meu. Até a última bolinha deu 53,5 cm. Se você fosse ele que valor você me forneceria? Nossa (...).* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *Nossa é bem diferente. Porque que deu diferente. Ah (espanto/descoberta). Eu daria uns 42,5 cm porque caíram duas bolinhas mais perto uma das outras aqui. E, aqui também porque caíram duas bolinhas mais perto uma das outras nesse meio. Eu daria o valor de 48 cm.* E o que ocorreu com aquela marca mais distante? *Com base no meu a única que caiu mais longe foi aquela que eu soltei aqui de cima da rampa. No lugar mais alto.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa é maior, menor ou igual ao valor encontrado da distância pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. *A distância dele é maior que a minha porque aquela bolinha foi mais longe (a aluna ficou intrigada).* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor ou igual à distância encontrada pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *A minha foi maior porque as marcas vermelhas estão antes das minhas marcas.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta (etapa II). *Eu daria 48 cm porque o 47 cm foi a primeira marca e essa outra é de 48,8 cm.* Os dois sujeitos fizeram lançamentos da mesma posição da rampa? *Acho que não.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor ou igual à distância encontrada pelos sujeitos 1 e 2? Justifique sua resposta. *A minha é menor.*

Estudante 3

Coleta

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. O que levou você a realizar essas repetições do experimento de soltar a bolinha da posição indicada na rampa? *Eu queria ver se a bolinha ia cair no mesmo lugar. Eu queria ver como seria a distância.* O que você observou? *Observei que o meu primeiro lançamento deu 47,5 cm; e o segundo e o terceiro deram 47,2 cm; o quarto deu 47,8 cm e o quinto deu 47,9 cm.* O que esses resultados significam para você? *Aqui eu tirei mais ou menos a noção que vai ter pouca chance da bolinha cair no mesmo local.* Você não consegue fazer a bolinha cair no mesmo lugar? *Eu poderia tentar, mas eu não garanto que ela vai cair no mesmo local. Exatamente no mesmo local eu acho que não, é muito difícil. Pra ela cair no mesmo local exatamente eu tenho que fazer outros lançamentos.* Então, faça dois lançamentos da bolinha caprichados para que possa cair exatamente no mesmo lugar no solo? *Eu acho que os dois caíram no mesmo local. Deu 48,7 cm. Exatamente uma em cima da outra.* O que deve ter ocorrido para que a bolinha caísse no mesmo lugar? *Eu acho que pra ela ter caído no mesmo local eu devo ter soltado completamente igual, da mesma posição certa e do mesmo jeito que eu soltei, exatamente do mesmo local.* O que deve ocorrer com a bolinha se você soltá-la da mesma posição certa conforme você acabou de fazer? *Ela tem mais chance de cair no mesmo local.* O que você dizer com tem mais chance de cair no mesmo local? *Não é certeza que ela vai cair no mesmo local. Só que como eu fiz dois lançamentos do mesmo local na rampa e eles caíram iguais, então ela tem maior probabilidade dela cair. Eu gostaria de fazer mais três lançamentos para eu poder formular minha idéia?* Faça e veja. O que você observou? *Dois lançamentos caíram bem dizer quase no mesmo local e um caiu um pouquinho mais pra frente. Agora, desses dez lançamentos que eu fiz, quatro caíram no*

mesmo local. Como assim? Eles caíram no valor de 48,7 cm. O que deve estar acontecendo? Uma variação desses valores. O que significa variação para você? Uma variação é quando o negócio não é certo. Não vai cair no mesmo local, ela pode cair antes ou cair depois. Ela pode sofrer uma variação. Como assim? No meu caso, ela ocorreu entre 47,2 cm a 49 cm. Foi do lançamento mais perto até o mais longe. Então, vai variar da posição de 47,2 cm até 49 cm.

Processamento

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. Eu vou tentar fazer uma média. Como você faria isso? Eu somaria as distâncias dos dez lançamentos e, depois eu ia dividir por dez. A média é de 48,14 cm. O que esse resultado significa para você? Ele significa que é mais ou menos o centro da variação. Aqui, vai ser mais ou menos assim. Tipo de um centro, que é onde ela tem mais chance de cair. O centro é de 48,14 cm que vai de 47,2 cm até 49 cm. É tipo mais ou menos um círculo. Faz um círculo que a extremidade é 49 cm e o meio é de 48,14 e a outra ponta é de 47,2 cm. E a bolinha tem quase que certeza que ela vai cair entre 47,2 cm a 49,0 cm. Ela vai cair nesse local. A bolinha vai cair nesse resultado que você encontrou? Ela não vai cair nesse valor, ela pode cair. Ela vai cair bem próxima.

Comparação

Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa I. Ele deu o valor de 47,9 cm. Se fosse eu daria o valor de 47,9 cm como a distância. Como assim? Eu falei isso agora pouco. É mais ou menos o centro que é o local onde ela tem mais probabilidade dela cair. Como você pode explicar isso que você está falando? Porque os lançamentos dele foi bem parecidos com os meus. Teve uma variação. O lançamento mais próximo foi de 47,2 cm que foi o mesmo que o meu e o mais longe dele foi mais de 50 cm, e eu vou descartar. O que significa o dado mais distante para você? Ele foi raro. Ele foi só aquele e nenhum lançamento vai mais aqui. Eles vão cair mais ou menos aqui que é o centro. Ela vai cair entre 47,2 cm a 48,7 cm. Se fosse ele eu faria o mesmo processo que é tomar o centro porque é onde tem mais probabilidade da bolinha cair. Ela vai variar entre 47,2 cm a 48,7 cm. Como assim? Eu estou falando desse valor porque caíram duas nesse local. De cinco lançamentos, um aqui eu não vou utilizar porque não vai se repetir. Dos quatro lançamentos, eu tomo o centro que é mais provável dela cair nessa área. Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. Deu 42,2 cm. Igual eu te falei. Aqui, que ocorreram a maior concentração de bolinhas, três nesse local. Os sujeitos 1 e 2 fizeram lançamentos da mesma posição da rampa? O sujeito 1 eu acredito que sim porque os lançamentos dele são bem parecidos com os meus. O sujeito 2 lançou antes, mais perto. Como assim? Eu e o sujeito 1 lançamos da mesma posição e o sujeito 2 lançou abaixo da posição marcada na rampa. O valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1 é maior, menor, ou igual o valor encontrado da distância pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. O sujeito 1 é maior que a distância do sujeito 2 porque ele lançou a bolinha mais acima na rampa. O sujeito 1 fez lançamentos na mesma posição da rampa como você fez? Sim, ele lançou do mesmo local porque as posições da bolinha estão no mesmo local das minhas, bem próximas. O sujeito 2 fez lançamentos na mesma posição da rampa conforme você fez? O dois não porque ele lançou mais abaixo. O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa é maior, menor, ou igual o valor encontrado pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. A minha é um pouquinho maior. O que você está observando? Significa onde ocorreu uma maior concentração das deles e da minha. Tem uma variação. De que variação você está falando? A minha vai de 47,2 cm a 49 cm e a dele vai de 47,2 cm a

48,7 cm. O que isso significa para você? *Isto significa que nós soltamos a bolinha do mesmo local, soltamos bem dizer, praticamente iguais, do mesmo jeito. O que essas medidas significam para você? Significa que soltamos juntos, elas estão bem próximas. Igualdades entre os lançamentos. O centro dele está um pouquinho antes do meu, mas está no centro os meus lançamentos e o deles, está no local onde tem maior probabilidade de cair. A minha é um pouco maior. Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa II. O primeiro deu 47 cm; 47,4 cm; 48 cm; 48,5 cm e 47,9 cm. Eu somei esses valores e fiz a divisão do resultado por cinco e deu a média de 47,9 cm. Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. O primeiro deu 46,9; 47,4 cm; 48 cm; 47,9 e 52,5 cm. A média dele foi de 48,5 cm. O que significa esse resultado do sujeito 2 da media para você? Os sujeitos 1 e 2 soltaram do mesmo local na rampa que eu porque as medidas estão quase iguais as minhas medidas. Tem uma pequena diferença entre uma e outra, mas uma grande parte das medidas é igual a minha. O que significa a medida mais distante para você? Como eu falei, é raro, pois foi somente ela que parou longe das demais. Eu não posso levar ela em consideração porque de dez lançamentos que eles fizeram somente uma foi mais longe. E nove veio parar nessa distância. Então, aquela lá vai ser descartada e não será levada em consideração devida a localização em que ela está. Por que você está desprezando essa medida? Eu estou desprezando porque se levá-la em consideração a média vai ser maior. Igual, quando eu a levei em consideração a média deu 48,5 cm. E, quando eu não levei em consideração deu 47,3 cm. O valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1 é maior, menor ou igual o valor encontrado da distância pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. O valor da distância do sujeito 1 é um pouco maior. A distância do sujeito 1 vai 47 ao 48,5 e a do sujeito 2 vai do 46 cm ao 48 cm. O que isso significa? Significa que elas estão próximas, mas não são iguais. Significa para dizer qual foi mais longe. O centro é onde tem a probabilidade de cair. O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. Eu falo que são iguais porque elas estão no mesmo lugar, próximas. Se for levar o valor da medida a minha é maior que a dele. Agora pela visualização elas são iguais. O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. A minha é maior pela medida. Agora pela visualização elas são iguais. Os dois sujeitos fizeram lançamentos da mesma posição na rampa conforme você fez? Justifique sua resposta. Tirando a medida mais distante executada pelo sujeito 2 que foi mais longe os demais foram lançadas do mesmo local na rampa porque olhando aqui está igual. Onde caíram a bolinha dele caíram a minha, elas estão bem próximas uma das outras, elas não caíram bem dizer uma em cima da outra. O que o resultado de medida significa para você? A medida significa para mostrar onde ocorreram os lançamentos. Quando você está visualizando dá para você entender que foram arremessados do mesmo local, próximas umas das outras. A bolinha caiu nesse resultado? Vai ter uma variação. As medidas são parecidas e não totalmente iguais.*

Estudante 4

Coleta

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. O que levou você a realizar essas repetições do experimento de soltar a bolinha da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Eu queria ver se cai no mesmo lugar.* O que você observou? *Ela não caiu no mesmo lugar.* Você pode justificar por que a bolinha não caiu no mesmo lugar? *Eu não sei.* O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Eu não sei.* [...] *Ela não caiu no mesmo lugar.* Faça e veja. O que você observou? *Observei que não caiu no mesmo lugar.* Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Eu vou fazer mais um lançamento.* Faça e veja. O que você observou? *Também não caiu no mesmo lugar. Observei que cada vez que eu jogar nunca vai cair no mesmo lugar.* Por que a bolinha não está caindo no mesmo lugar? O que deve estar acontecendo? Justifique sua resposta. *Eu acho que às vezes eu variei alguns milímetros ali na posição de largada (posição indicada). Se eu soltar a bolinha um pouco mais acima ela vai cair mais longe.* O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. [...]. Faça e veja. O que você observou? *Ela não caiu no mesmo lugar. Nenhuma bolinha caiu no mesmo lugar.* O que você pretende realizar nesse momento? *Eu vou medir cada um. Tem uma variação aqui. O primeiro deu 45,9cm; o segundo 46,7cm; o terceiro deu 47,2cm; o quarto deu 47,1cm e o quinto deu 47,3cm.* Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. [...]. *Eu acho que eu faria uma média.* Como você faria essa média? *Eu somaria todos os cinco valores e dividia por cinco porque dá a média.* O que significa esse resultado para você? *Significa onde a bolinha tem mais chance de cair. No valor da média. Ela tem mais chance de cair lá.* A bolinha vai cair nesse valor chamado de média? *Eu acho que há uma variação entre o primeiro e o último valor. Ela cairia entre esses dois valores.* O que deve ocorrer se você soltar a bolinha da posição indicada na rampa? (apenas foi uma suposição / sem ação). *Ficaria mais perto da média. Tem uma variação entre esse primeiro e último valor.*

Processamento

Como você forneceria o resultado da distância da bolinha no solo? Justifique sua resposta. *Eu faria a média desses valores. A soma deu 234,2cm. Agora eu vou dividir por cinco. A média deu 46,84cm.* O que significa esse resultado para você? *Quanto mais valores mais a média fica mais completa, mais aproximadamente. Quando a bolinha cair o lugar mais perto onde vai estar. Quanto maior for o número jogado de bolinha mais chance eu vou ter de acertar onde ela vai cair.*

Comparação

Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa I. *Eu faria a média. A primeira deu 46,4cm; o segundo deu 46,6cm; a terceira deu 46,7cm; a quarta deu 47,7cm. Dá mais ou menos 46,7cm. O lugar onde ela tem mais chance de cair é aqui no meio.* O que a medida mais distante significa para você? *É uma bolinha que caiu mais longe. Ele deve ter soltado do alto da rampa.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *Deu 42cm. Ficaria no meio dessas bolinhas. Entre as bolinhas. Seria uma média das distâncias das bolinhas.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao soltá-la da rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado da distância pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. *Eu acho que seria quase a mesma coisa. O dele deu 46,7cm*

e o meu deu 46,84cm. O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado da distância pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. A minha distância é maior porque ele deve ter jogado um pouco mais abaixo da posição indicada na rampa. O sujeito 2 soltou a bolinha da mesma posição da rampa conforme você fez? Não, para ele ter lançado da mesma posição que eu ela deveria ter caído na mesma medida minha. Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelos sujeitos 1 e 2? Justifique sua resposta na etapa II. Eu acho que eu faria uma média. O que significa a medida mais distante? Ele deve ter dado mais impulso ou do alto da rampa. Ele deve ter soltado mais acima na rampa. Acho que é o único ponto que não entraria na média porque ela (bolinha) deve ter saído do ponto de lançamento. A distância que você encontrou da bolinha no solo ao ser solta da rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado da distância pelos sujeitos? Justifique sua resposta. Eu acho que é igual porque é onde tem mais incidência de bolinhas é na parte da minha. Tirando a média, a média fica entre essas bolinhas.

Estudante 5

Coleta

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. O que levou você a realizar essas repetições do experimento de soltar a bolinha da posição indicada na rampa? *Eu soltei cinco vezes para ver se ela ia cair no mesmo lugar. O que você observou? Ela não caiu no mesmo lugar. Eu vou soltar mais uma vez a bolinha. Faça e veja. O que você observou? Ela não caiu no mesmo lugar. Eu ia observar se ela ia cair sempre no mesmo lugar, mas ela não caiu. Tem duas que caíram quase no mesmo lugar. Do que depende a obtenção dessas marcas próximas? Depende de onde eu soltei a bolinha. Como assim? Professor eu posso treinar mais um pouco? Como assim? Eu vou fazer três lançamentos bem daqui certinho. Eu quero ver de novo. Então, treine. Faça e veja. O que você observou? Eta lasqueira. O lugar onde ela vai cair depende da posição de onde a bolinha é solta. Eu soltei daqui (alto da rampa) ela vai cair mais para frente. Se soltar de uma posição diferente ela vai cair em lugares diferentes. Elas não vão cair no mesmo lugar. Dependendo da posição que eu soltar elas não vão cair no mesmo lugar. Se eu soltar daqui ela vai cair no mesmo lugar. Se eu soltar sempre daqui ela vai cair sempre no mesmo lugar. Se eu soltar de outra posição diferentes elas vão cair em lugares diferentes. Então, faça dois lançamentos da bolinha caprichados para que ela possa cair no mesmo lugar no solo? Eu vou soltar bem daqui de cima, bem encostado na rampa (alto da rampa) para ver se ela vai cair no mesmo lugar. Elas não caíram no mesmo lugar. Então faça três lançamentos da bolinha caprichados exatamente da mesma posição na rampa e observe? Todas que eu soltei daqui elas caíram quase todas no mesmo lugar. Então, solte a bolinha mais duas vezes dessa posição que você encontrou na rampa e observe? Não caiu em cima uma da outra. Elas caíram próximas umas das outras marcas.*

Processamento

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Deu 47,5 cm, porque das vezes que eu soltei dessa posição. Depende da posição inicial que eu soltar a bolinha. Ela vai cair em um determinado lugar. Aí eu escolhi dessa posição. Todas as vezes que eu soltei a bolinha dessa posição elas caíram bem próximas uma das outras. Aí, deu 47,5 cm do prumo até aqui. Então, eu escolhi o resultado de 47,5 cm. Você poderia mostrar na folha esse valor? É esse valor que está no meio dessas marcas que foram feitas da mesma posição da rampa.*

Comparação

Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa I. *Deu quase 48 cm. Deu 47,9 cm. Porque essas duas bolinhas estão na mesma direção e próximas uma das outras.* O que a medida mais distante significa para você? *Posso soltar a bolinha?* Faça e veja. O que você observou? *Ele colocou mais força.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor ou igual o valor encontrado pelo sujeito 1? *São iguais. Em algumas posições elas são iguais. Em algumas posições ele soltou da mesma posição, então as distâncias são iguais.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *Deu 42,3 cm porque é o valor das marcas que estão mais bem próximas umas das outras.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor ou igual o valor encontrado pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *A minha é maior porque ele soltou mais abaixo da posição indicada na rampa porque o local onde ela caiu depende da posição de onde solta a bolinha.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta na rampa pelos sujeitos 1 e 2? Justifique sua resposta na etapa II. *Daria o valor de 48 cm porque caíram varias próximas uma das outras.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor ou igual o valor encontrado pelos sujeitos 1 e 2? *Em alguns lugares são iguais. Aqui são iguais. A distância em alguns lugares são iguais. Foi de 47, 5 cm aproximadamente. Aqui bem nesse meio tem o valor de 47,5 cm com relação às marcas vermelhas. Eles soltaram a bolinha do mesmo lugar. São iguais em vários pontos.* O que significa a marca (vermelha) mais distante na dispersão? *Ele deve ter soltado de uma posição mais longe.*

Estudante 6

Coleta

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Deu 47,5 cm. Eu medi do prumo até o ponto que ela fere o solo.* Como você forneceria uma boa medida a um cientista? *No caso com uma régua.* Esse valor significa um bom resultado de medida para seu problema? *Eu daria esse valor. Seria esse mesmo valor.* O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Ela não vai cair no mesmo lugar por causa da velocidade dela. Eu acho que vai dar uma pequena diferença.* Faça e veja. O que você observou? *Uma pequena diferença. A primeira marca foi antes e ela é a marca que está na frente.* O que deve estar acontecendo? (...). *Eu fiz dois lançamentos da bolinha. A medida é variável. Depende da velocidade da bolinha ela vai cair em determinado ponto.*

Processamento

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Eu acho que tem de tirar uma distância média. A distância média.* Afinal, como você faria para obter essa distância média? *Eu tenho que fazer mais um lançamento para tirar a distância média.* Faça e veja. O que você observou? *A cada lançamento que eu estou fazendo a bolinha está recuando.* E aí, qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *O primeiro lançamento deu 47,5 cm; o segundo lançamento deu 47,2 cm e o terceiro lançamento deu 46,9 cm. Eu acho que deve ser 47,2 cm porque que está entre os dois lançamentos.* Pegue a bolinha e tire sua dúvida. *Aí, é esse valor mesmo. Deu próximo de 47,2 cm.* O que esse resultado significa para você? *É a distância média entre um ponto e outro (dois pontos).* O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Cairia provavelmente (pode ser) no 47,2 cm. Como assim? Ela vai cair entre esses dois valores que é 47,5 cm e 46,9 cm. Então, vai cair no meio desses valores.*

Ele é a média. Faça e veja. O que você observou? Na média. Nesse caso, ele caiu quase na mesma medida do segundo lançamento. Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. Deu 47,2 cm porque está entre os dois valores (47,5 cm e 46,9 cm).

Comparação

Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa I. A mais longe deu 51,5 cm. Deu 48,4 cm, nesse caso eu vou tirar a média das duas na mesma direção. Deu 47,9 cm porque tem as duas marcas uma na mesma direção da outra. A (marca) que esta mais perto da ultima mede 48,4 cm e a outra mede 47,4 cm. O que significa a marca mais distante? No caso, é o primeiro lançamento que foi feito. Eu acho que a bolinha pegou mais velocidade. Nesse caso, para mim ele não é importante porque eu tirei uma média dos quatros pontos. Eu acho que você vai utilizar ele não nessa teoria, em outra teoria. Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. Deu 42 cm. No caso é a média. Tem a distância entre um e outro (41 cm e 43 cm). É a metade. O valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta na rampa pelo sujeito 1 é maior, menor ou igual ao valor encontrado da distância da bolinha pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. No caso do sujeito 1 ela é maior porque a distância dele fica mais longe do prumo. O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa é maior, menor ou igual ao valor encontrado da distância pelo sujeito 1? Pouca coisa menor. Por causa de 2 mm a minha é menor. Ela é mais perto do prumo. Você acha que ele fez lançamentos da mesma posição na rampa conforme você fez? Sim. Devido à gravidade que puxa e nenhum lançamento vai ser igual ao outro. O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa é maior, menor ou igual ao valor encontrado pelo sujeito 2? A minha é maior porque esta mais longe do prumo. O sujeito 2 fez lançamentos da metade da rampa. Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa II. Deu 48,1 cm. Como você escolheu esse resultado. No caso, porque é entre o primeiro ponto e o último ponto. Nessa média. Entre 48,9 cm e 47,1 cm, daí a média é de 48,1 cm. O que significa a marca mais distante? Ele foi com mais força (mais velocidade). Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. Deu 48 cm em média. Ele esta entre o ultimo ponto 48,9 cm e o primeiro ponto que é de 47, 1 cm. Os dois sujeitos (1 e 2) fizeram lançamentos da bolinha da mesma posição na rampa? Sim, porque os pontos têm um padrão. Tem pontos uns mais pertos dos outros. Os dois sujeitos fizeram lançamentos da bolinha da mesma posição na rampa conforme você fez? Justifique sua resposta. Fizeram, só que o sujeito 2 tem uma marca que foi mais longe porque a velocidade da bolinha foi maior. O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado pelos dois sujeitos? Justifique sua resposta. É igual porque a minha distância média está entre os dois. O primeiro (47,1 cm) e o último (48,9 cm).

Estudante 7

Coleta

O que levou você a realizar essas repetições do experimento de soltar a bolinha da posição indicada na rampa? Pra ver em que ponto ela vai cair. Eu queria ver se ela ia cair no mesmo ponto ou em pontos diferentes. O que você observou? Elas caíram em lugares diferentes. Uma está mais à frente da outra. O primeiro valor deu 47,8 cm e o segundo deu 48,4 cm. Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Eu ia pegar as duas distâncias e ia ver a metade delas. Como você faria isso? Ah, sei lá. Eu

ainda não sei ao certo. O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. Eu acho que ela vai cair em outro ponto devido à força da gravidade. Faça e veja. O que você observou? Ela não caiu no mesmo lugar. Ela caiu do lado das outras. Eu vou medir pra ver a distância. Deu 48,5 cm. O que deve estar acontecendo? Até agora a medida só aumentou. Você tem alguma explicação por que ela está aumentando? Eu acho que eu devo ter tremido às vezes na hora de soltar a bolinha aqui na rampa. Você não consegue realizar um lançamento da bolinha sem tremer? Eu acho que eu posso tentar fazer mais um. Faça e veja. O que você observou? Esse eu não tremi e mesmo assim a bolinha não caiu no mesmo lugar. Ué (espanto), agora está diminuindo. A bolinha caiu mais perto (em direção ao) do prumo. O que deve estar acontecendo. Ela tem caído em lugares diferentes e deve ser devido à força da gravidade. O que deve ocorrer com a bolinha se você realizar mais um lançamento da bolinha da posição indicada na rampa? Eu acho que ela vai cair em outro lugar. Eu posso fazer? O que você pensa em realizar? Eu vou jogar a bolinha mais uma vez. Eu quero ver onde mais ou menos onde ela vai cair. O que você observou? Ela caiu em outro lugar. O que deve ocorrer se você soltar a bolinha da posição mais acima na rampa? Ela vai mais longe por que a bolinha pega mais velocidade. Faça e veja. O que você observou? Ela foi mais longe eu falei pra você. Eu observei que ela não caiu no mesmo lugar. Ela sempre caiu em lugares diferentes. Ela está variando. O que significa variação para você? Significa que a bolinha não está caindo no mesmo lugar. Ela está sempre variando. Ela caiu em um ponto e, depois em outro ponto qualquer. Você pode explicar de que variação você está falando? É a medida de 47,8 cm a 49,4 cm. Essa é uma variação para mim.

Processamento

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. (...). *Eu acho que eu tenho um monte de dados aqui. Eu vou pegar esses dados e vou transformar eles em uma média para dar uma resposta. Por que você pretende realizar a média desses valores? Eu acho que eu usaria uma média. Como assim? Eu acho que deve ser a resposta mais certa do que pegar um único valor aqui dessas distâncias. Você fará uma média de todos os dados que você está falando? Eu vou descartar esse dado aqui. Por que você pretende fazer isso com esse dado? Porque eu joguei essa bolinha lá de cima da rampa e ela foi mais longe devido à velocidade. Por que você descartou esse dado e não descartou o primeiro? Porque eu joguei do ponto certo da rampa. Eu joguei a bolinha da posição indicada na rampa. Então, qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. Deu 48 cm. Eu peguei as distâncias e somei todos e dividi pelo total das distâncias. O que esse resultado significa para você? A medida pode estar variando. A média vem da variação da medida. Ela pode estar caindo em 47 cm, 49 cm e 48,5 cm. A bolinha pode estar caindo próximo a esse valor de 48 cm. Ela fica nessa variação. Está bem no meio.*

Comparação

Qual é valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa I. *Eu usaria a média como eu fiz antes. A média deu 48,8 cm. Essa é a média dos cinco lançamentos. O que significa a medida mais distante para você? Ela significa que ele fez um lançamento errado. Ele jogou do ponto mais alto da rampa. Eu joguei do ponto mais alto e deu isso também. Ele deve ter feito isso igual eu fiz também. Qual é valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. Eu vou pegar as medidas dessas marcas vermelhas e depois eu vou somar todas e dividir por cinco. A média é igual a 42,1 cm. Aqui tem um valor que encontrei que é igual a esse. Esse valor está aqui no meio dessas duas. O que você observou sobre essas duas situações*

encontradas pelos sujeitos 1 e 2? *Elas estão variando. No caso do sujeito 1, a variação é de 47 cm a 53,2 cm e, a variação do sujeito 2, é de 41,1 cm a 43,1 cm. Eu vou calcular a média sem a medida mais distante. Deu 47,7 cm.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao soltá-la da rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado da distância pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. *É igual porque os meus pontos estão bem próximos dos deles.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor ou igual o valor encontrado da distância pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *A minha é maior só de olhar. Ela está mais à frente do prumo.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa II. *Deu 47,6 cm a média. Foi próximo desse valor que ele deve ter dado como resposta.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *Deu 48,5 cm a média.* Os sujeitos 1 e 2 realizaram lançamentos da bolinha da mesma posição da rampa? Justifique sua resposta. *Menos este ponto aqui que está mais longe, os outros pontos foram da mesma posição. Como assim? Porque eles estão bem mais próximos aqui e aquele está bem afastado desses pontos aqui. Ele não soltou da posição indicada na rampa.* O valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1 é maior, menor ou igual o valor encontrado da distância pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *É igual pela variação que se apresenta na média. Como assim? Os pontos estão bem próximos. E os valores também. A média pode sofrer variação. Ela pode estar entre 47 cm e 49 cm.* Você e os sujeitos 1 e 2 fizeram lançamentos da bolinha da mesma posição na rampa? Justifique sua resposta. *Fiz, menos um porque esse eu soltei do ponto mais alto na rampa. E o sujeito 2, também fez um lançamento igual ao meu. Se soltar mais alto na rampa a bolinha vai mais longe porque ela pega mais velocidade. Tirando esses dois lançamentos, eles e eu jogamos da mesma posição na rampa. Os dois valores estão bem próximos um do outro Os valores são de 48 cm, 47,6 cm e 48,5 cm.* O que significa a média? *Ela pode ficar um pouco mais para baixo e um pouco mais para cima.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser solta na rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *É igual pela variação das medidas. Isso é o que eu acho. A média é assim, ela fica entre, tipo ali assim o valor de 48 cm, ela fica entre 47 cm e 49 cm e aqui tem o valor de 48,5 cm e, esse resultado está dentro do valor e, por isso é igual.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser solta na rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado da distância pelos sujeitos? Justifique sua resposta. *É igual devido à variação. Ela tem uma relação com os pontos mais próximos. Ela pode estar variando entre 47 cm e 49 cm.*

Estudante 8

Coleta

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. O que levou você a realizar essas repetições do experimento de soltar a bolinha da posição indicada na rampa? *Pra ver a distância. Ver se ia cair no mesmo lugar.* O que você observou? *A primeira deu 48,5 cm e a segunda deu 49,7 cm mais ou menos isso.* O que deve ocorrer se você soltar a bolinha outra vez da mesma posição na rampa? Justifique sua resposta. *Eu acho que ela vai cair mais longe (primeira) porque a segunda caiu mais longe do que a primeira. Eu acho que a primeira (segunda) vez eu soltei daqui de cima. Faça e veja. O que você observou? Ela pegou mais embalo. Eu não sei. A primeira vez não, mas essa aqui eu soltei.* Então, pegue a bolinha e a faça cair no mesmo lugar e observe? *Mais perto. Tem alguma coisa errada. Esses dois estão errados. Eu soltei a bolinha no começo dessa flecha. Então, uma deu 46,7 cm e a outra deu 47,5 cm.* O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa conforme o último lançamento que você realizou? Justifique sua resposta. *Eu acho que vai cair perto desses valores porque*

essas aqui caíram. Deve cair perto se eu acertar a posição certa na rampa. Que nem eu acertei. Então, capriche e solte a bolinha exatamente da posição certa que você encontrou e observe? Aí... Não caiu tão perto da primeira. E agora, como você pretende resolver essa situação? Eu vou soltar mais uma vez a bolinha. Faça e veja. O que você observou? As bolinhas caíram entre 47cm e 48 cm. Então, eu acho que está certo. Eu achei (posição) certo (a) porque eu soltei três vezes a bolinha e, elas caíram uma perto da outra. A distância da primeira deu 48 cm e da segunda deu 47 cm. Então, faça três lançamentos caprichados da bolinha da posição certa para que possam cair próximas e observe? Caíram perto da primeira. Aí, meu Deus. O que deve estar acontecendo? Eu acho que depende da posição na hora de soltar a bolinha na rampa. O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais duas vezes da posição certa? Justifique sua resposta. Se for na posição certa elas vão cair perto das primeiras bolinhas que eu joguei. Faça e veja. O que você observou? Ah, próximos. (pertos).

Processamento

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Entre 47 cm e 48,5 cm porque foram os valores que eu soltei as bolinhas da posição certa. Ah, caíram mais juntas ainda. Elas foram lançadas da mesma posição. Está entre 47 cm e 48,5 cm. Daria 48 cm porque as bolinhas caíram mais aproximadamente perto do 48 cm do que no valor de 47 cm.*

Comparação

Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa I. *Deu 48 cm aqui mais ou menos. Nesse meio aqui.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *Ele deu 42,5 cm porque as marcas estão mais juntas aqui no meio. O que a medida mais distante significa para você? Eu acho que ele não jogou da posição certa. Eu acho que essas (próximas) aqui estão certas e aquela (distante) é que está errada. Aquela foi jogada da posição errada e por isso ela foi mais longe.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor, ou igual ao valor da distância encontrada pelo sujeito 1? *É igual, só que as minhas caíram mais juntas e a dele caíram um pouco mais separadas. A dele deu 48 cm mais ou menos, parecida com a minha que foi de 48 cm. Elas são iguais.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor ou igual ao valor encontrado pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *Eu acho que a minha foi um pouco maior porque a minha deu 48 cm e a dele deu 42,5 cm.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelos sujeitos 1 e 2? Justifique sua resposta na etapa II. *Deu 47 cm.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor, ou igual ao valor da distância encontrada pelos sujeitos 1 e 2? *Eu acho que é igual. Mais a deles estão mais separadas e a minhas marcas elas estão mais juntas. Deu 48 cm.*

Estudante 9

Coleta

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. O que você observou? *Eu observei que um ponto está mais longe do outro. Eles caíram em pontos diferentes. Eles não caíram no mesmo ponto.* O que levou você a realizar esses dois lançamentos da bolinha na rampa? *Eu queria ver se a bolinha ia cair no mesmo lugar. No mesmo ponto, no mesmo local. Mas ela não caiu.* O que levou você a acreditar que isso fosse ocorrer? *A bolinha tinha que cair no mesmo lugar porque eu joguei da posição indicada na rampa.* Como você justifica a bolinha ter caído em lugares diferentes no solo? *Eu devo ter jogado de um lugar errado ou de um ponto diferente aqui na rampa.*

Que valores você encontrou? *Deu 45,5 cm e 46,7 cm. O primeiro foi de 45,5 cm e o segundo foi de 46,7 cm. O que deve estar acontecendo? Deve ser devido à posição que eu lanço a bolinha. Eu acho que eu lancei de um ponto diferente. Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Eu escolho o primeiro porque eu devo ter colocado na posição indicada, no ponto mais certo. O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais duas vezes da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. Na lógica que vem na cabeça é que deve cair no mesmo lugar. Se você for lançar ela vai ter que cair no mesmo ponto. Por que você acredita que isso deve acontecer? Vento na sala não tem, sabe. Está meio que parado. Primeiro, que é a mesma bolinha que eu estou usando. O peso é o mesmo. É tudo o mesmo só que a bolinha caiu em local diferente. Você não consegue fazer essa bolinha cair no mesmo local? Eu acho que sim. Só não sei como (risada). Então, faça outro lançamento da bolinha caprichado e a faça cair no mesmo lugar no solo e observe? Nossa...Agora eu estou vendo quatro pontos diferentes. Quem são esses pontos que você fala? O primeiro deu 44,8 cm, o segundo deu 45,3 cm, o terceiro deu 46,7 cm e o outro 46 cm. Eles estão próximos. Então, você não consegue fazer a bolinha cair no mesmo lugar no solo? Afinal, o que deve estar acontecendo? A diferença é muito pequena. É uma questão de milímetros que eu estou soltando a bolinha da posição errada na rampa. A hora que eu vou soltar eu posso colocar a bolinha um pouco mais para cima ou um pouco mais para baixo. É de milímetros. Eu posso fazer dois novos lançamentos? O que você quer com isso? Eu quero ver se a bolinha vai cair em cima do mesmo ponto. Isso é o que eu espero que aconteça com a bolinha. Faça e veja. O que você observou? Seis lançamentos e todos diferentes um do outro. Ficou um bem próximo um do outro. O que deve estar acontecendo? Deve ser da posição indicada na rampa que eu estou soltando a bolinha. Deve ter outra coisa que eu não estou conseguindo enxergar qual é. Você consegue fazer a bolinha cair no mesmo lugar? Acho que é o jeito.*

Processamento

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Eu somaria todos esses valores das distâncias e dividiria por seis que foi o total de lançamentos que eu fiz. Como assim? Para achar uma medida mais ou menos. Uma média. O que você encontrou? A média deu 46,5 cm. Esse valor eu encontrei no segundo lançamento que eu fiz. O que esse resultado significa para você? Ele fica bem no meio. E o segundo lançamento ele caiu bem próximo dele. Eu acho que não tem um ponto exato que ela tem que cair. A bolinha deve cair exatamente nesse ponto? Eu acho que não. Como assim? Que não tem um ponto exato onde a bolinha deve cair. Os lançamentos devem se concentrar mais próximos do valor 46,5cm.*

Comparação

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa I. *A média deu 48 cm. Eu somei todos os lançamentos e dividi por cinco. O que a medida mais distante significa para você? Um lançamento que foi feito de uma posição muito errada. Como assim? Ele lançou muito pra cima na rampa e ela pegou um pouco mais velocidade e foi mais longe. Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. Deu 42 cm em média. Os lançamentos foram um pouco mais regular. Ele buscou sempre a mesma posição na rampa. Os sujeitos 1 e 2 realizaram lançamentos da mesma posição na rampa? Vendo a distância de um e de outro parece que não. Como assim? Parece que o sujeito 1 deve ter lançado um pouco mais acima da posição indicada na rampa e o sujeito 2 deve ter lançado um pouco mais abaixo. O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao soltá-la da rampa é maior, menor ou igual ao valor encontrado pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. É menor porque ele fez*

lançamentos de um ponto diferente na rampa. A soma dos resultados dele foi maior que a minha. O resultado dele passou do meu. O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao soltá-la da rampa é maior, menor ou igual ao valor encontrado pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *É maior. O meu foi maior pelo inverso do sujeito 2 fez. Eu fiz lançamentos um pouco mais abaixo na rampa do que o sujeito 1 e um pouco mais acima que o sujeito 2.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa II. *Deu 47,7 cm que é a média dos seus lançamentos. Ele fez dois lançamentos bem próximos desse valor.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *Deu 48,5cm.* O valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1 é maior, menor ou igual ao valor encontrado da distância pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *A distância do sujeito 1 foi menor que a distância do sujeito 2.* Ambos os sujeitos 1 e 2 fizeram lançamentos da mesma posição da rampa? *Os lançamentos deles ficaram bem próximos, mas o sujeito 2 fez um lançamento que ficou bem fora que deu 52,2 cm que foi fora do ponto.* Se você estivesse no lugar dos sujeitos que distância você forneceria? *Eu daria o valor de 48 cm só de bater o olho porque na reta do 48 cm teve dois lançamentos tanto do sujeito 1 quanto do sujeito 2. Dá 48 cm.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao soltá-la da rampa é maior, menor ou igual ao valor encontrado da distância pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. *É menor. A minha média deu 46,5 cm e a do sujeito 1 deu 47,7 cm e no segundo caso deu 48 cm. Nas duas foi menor.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao soltá-la da rampa é maior, menor ou igual ao valor encontrado da distância pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *É menor. A média dele deu 48 cm e a minha deu 46,5cm. Os lançamentos que eu fiz poucos chegaram pertos.*

Estudante 10

Coleta

O que levou você a realizar essas repetições do experimento de soltar a bolinha da posição indicada na rampa? *Eu queria ver se ela cairia no mesmo lugar aqui no solo.* O que você observou? *Deu diferente. A primeira vez que eu soltei a bolinha, a distância deu 48 cm e, na segunda vez que eu soltei a bolinha, a distância deu 47,5 cm. Eu esperava que a bolinha caísse no mesmo local.* O que levou você a acreditar que a bolinha cairia no mesmo lugar? *Uma vez que eu soltei do mesmo local e a força foi a mesma. Se ela foi solta do mesmo local na rampa ela deveria cair no mesmo lugar no solo.* O que deve estar acontecendo? *Eu soltei um pouco mais abaixo ou um pouco mais em cima da posição indicada. Nesse caso, eu soltei mais abaixo.* Então, faça outro lançamento da bolinha caprichado e a faça cair no mesmo lugar no solo? *Deu 47 cm. Eu joguei do mesmo local. As outras eu soltei mais acima e essa eu soltei mais abaixo da posição.* Tente de novo. Capricha mais. Pegue essa bolinha e a faça cair no mesmo lugar no solo? *Deu 46,5 cm. Ou não está rolando a bolinha na hora que ela desce ou eu não estou colocando ela no mesmo lugar ali na posição de lançamento.* Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Eu posso fazer mais uma vez?* Faça e veja. O que você observou? *Deu em cima da terceira marca.* O que deve estar acontecendo? *Deve ser porque na hora que eu soltei a terceira vez eu soltei do mesmo local na rampa como foi feito agora.* Você acha que se a bolinha for solta da mesma posição ela vai cair no mesmo lugar? *Acho que sim, porque ela caiu no mesmo local duas vezes. Eu acho que eu encontrei a posição.* Então, faça outro lançamento caprichado da bolinha e a faça cair no mesmo lugar no solo novamente e observe? *Deu um pouquinho antes da quarta marca. Ela deveria cair na terceira.* O que você acha que deve estar acontecendo? *Eu acho que eu não soltei do mesmo local na rampa.* Então, agora eu quero que tente soltar a bolinha três vezes da posição que você achou na rampa e a faça cair

no mesmo lugar no solo? *Caiu um pouco depois daquela terceira que tinha caído duas vezes. Essa caiu um pouco mais distante. Deu quase 48 cm.*

Processamento

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Eu daria o valor de 47,5 cm porque entre todas as bolinhas esse valor é que está no meio, uma média. Está entre 46,5 cm e 48 cm. Não, exatamente no meio. Ele está mais aqui. Ele está mais próximo das outras marcas aqui na folha (48 cm).*

Comparação

Qual foi o valor encontrado da distância da bolinha no solo pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa I. *Ele deu 48 cm como resposta porque tem cinco marquinhas pretas tem uma que está isolada. O que a medida mais distante significa para você? Ele deve ter soltado mais acima da rampa.* Qual foi o valor encontrado da distância da bolinha no solo pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. *A resposta é de 48 cm porque são duas bolinhas que estão mais próximas uma da outra. Então, ele vai falar 48 cm.* Qual foi o valor encontrado da distância da bolinha no solo pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *Deu 42,5 cm porque são as bolinhas mais próximas uma da outra aqui no meio. Essas aqui.* Os dois sujeitos fizeram lançamentos da bolinha da mesma posição na rampa? Justifique sua resposta. *Acredito que o sujeito 1 deve ter feito lançamentos da mesma posição na rampa que eu fiz e, o sujeito 2 deve ter lançado a bolinha um pouco mais abaixo da posição indicada na rampa.* O valor encontrado da distância da bolinha no solo pelo sujeito 1 é maior, menor ou igual à distância encontrada pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *A distância do sujeito 1 é maior porque seu valor encontrado é de 48 cm e, no caso do sujeito 2 o valor dele é de 42,5 cm.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor ou igual a distância encontrada pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. *A distância do sujeito foi maior da distância que eu encontrei porque a distância do sujeito 1 foi de 48 cm e a minha foi de 47,5 cm. A distância dele é maior que a minha.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor ou igual a distância encontrada pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *É maior.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa II. *Deu 48 cm porque ele deu cinco arremessos e elas estão espalhadas e só duas estão próximas na mesma reta.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta na rampa pelo sujeito 2? *Deu 48 cm porque é uma bolinha que está no meio das outras e as demais estão espalhadas.* O valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta pelo sujeito 1 é maior, menor ou igual o valor encontrado pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *É igual porque as duas dão 48 cm. Elas estão na mesma reta aqui no meio.* O que a medida mais distante significa para você? *Ela deve ter sido solta de uma posição mais acima na posição indicada na rampa. Ela se destaca das outras.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor ou igual o valor encontrado pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. *A distância do sujeito 1 é maior que a minha porque a dele deu 48 cm e a minha deu 47,5 cm.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo é maior, menor ou igual o valor encontrado pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *É menor que o valor encontrado pelo sujeito 2 porque a dele deu 48 cm e a minha deu 47,5 cm.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa é maior, menor ou igual à distância encontrada pelos dois sujeitos? *A minha é menor porque a minha deu 47,5 cm e a deles é maior porque deu 48 cm.* Os sujeitos 1 e 2 fizeram lançamentos da bolinha da mesma posição da rampa? *Sim, só a vermelha que está mais distante que não.* Os sujeitos 1 e 2 fizeram lançamentos da bolinha da mesma posição da rampa conforme você fez? *Sim, porque a minha teve umas que caíram mais perto e outras que caíram mais longe. Eu acho que é do mesmo local que eu fiz.* A distância que você

encontrou da bolinha no solo é maior, menor ou igual à distância encontrada pelos sujeitos 1 e 2? *As deles é menor que a minha. Foram dois sujeitos que soltaram a bolinha. Eu acredito que o valor da medida que eles deu foi menor que a minha.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo que os sujeitos 1 e 2 encontraram? Justifique sua resposta. *Daria 47,5 cm porque esse valor é uma média das nove marcas que estão aqui porque tem uma muito isolada.*

Estudante 11

Coleta

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *O que você observou? Deu 46 cm. Medi da marca do prumo até onde a bolinha caiu. Você acha que é necessário soltar a bolinha mais uma vez? Acho que não é necessário soltar a bolinha mais vezes porque ela vai cair em lugar diferente.* O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Ela vai cair em uma distância diferente (lugar diferente) porque vai depender da velocidade que ela vem. Ela vai ter uma outra velocidade. Como assim? Pode ser que ela pegue mais ou menos velocidade.* Devido ao que se deve essa variação de velocidade que você comenta? *Pode ser decorrente do lugar em que você coloca a bolinha lá na rampa ou do vento. O vento pode interferir na velocidade. Se tiver mais vento isso pode aumentar a velocidade porque a bolinha não é muito pesada. Se ele estiver presente isso pode interferir na velocidade.* Faça e veja. O que você observou? *Caiu em lugar diferente, outra medida. Agora deu quase 47 cm. Da marca do prumo até aqui.* Então, faça outro lançamento caprichado da bolinha para que possa cair no mesmo lugar no solo e observe? *Da mesma posição, mas elas caíram em posições diferentes.* O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais três vezes da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Elas devem cair em posições diferentes porque vai ser a mesma coisa dos dois lançamentos feitos. Depende da velocidade dela bater aqui no chão. Ela pode vir para frente, do lado e para trás.* Faça e veja? O que você observou? *Uma caiu quase junta no meio das duas e a outra caiu mais pra frente. Elas caíram todas mais perto uma das outras. Acho que a medida vai ser entre as duas. A primeira e a segunda por que parece que ficou as três ali no meio.*

Processamento

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *A primeira deu 46 cm, a segunda deu 47 cm e depois 48 cm e tem três que caíram quase todos próximos. Deu 47 cm porque foi onde mais caíram as bolinhas. De cinco lançamentos feitos três caíram ali. Eles caíram mais próximos do 47 cm. Então, é onde a bolinha vai cair. Vai cair por ali.*

Comparação

Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta na rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa I. *Deu 47,5 cm porque é onde está marcada aqui. É onde tem a maior parte de marcas onde a bolinha caiu. De cinco, quatro caíram aqui nesse lugar.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *O resultado é de 42 cm e esse valor está aqui no meio das marcas (entre) vermelhas, porque aqui caiu duas vezes. Caíram mais vezes. E aqui, caiu igual (próximas). A medida certa deve estar aqui no meio. O que a medida mais distante significa para você? Significa que ele deve ter soltado mais acima da posição indicada na rampa. Pode ter sido igual a minha. Pingou uma no 48 cm e outra no 46 cm e outra no meio. Aqui, prevalece porque aqui caíram mais vezes. Ela foi mais longe devido à posição indicada na rampa. Não é ela. A distância está*

aqui entre as quatro marcas. O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado da distância pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. A minha é menor do que a dele. A minha foi de 47 cm e a dele foi de 47,5 cm. A dele é maior. A dele está mais à frente do que a minha. O valor da distância que você encontrou da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa é maior, menor ou igual à distância encontrada pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. A minha é maior só de olhar. Ele lançou uns 5 cm abaixo da posição indicada na rampa. Você e o sujeito 1 soltaram a bolinha da mesma posição na rampa? Justifique sua resposta. Acho que sim. A minha caiu no 48 cm e a dele caiu em 47,5 cm, ou seja, ele deve ter lançado do mesmo lugar. Esses valores são mais ou menos perto um do outro. O que você quer dizer com valores mais ou menos perto? Não é um valor exato. É um valor mais ou menos perto. O que significa ser um valor exato? Quando você tem a medida certa, sabe a medida certa, por exemplo, se você fizer arremesso por arremesso dá pra você ter a medida exata. Agora se você realizar cinco lançamentos e falar qual foi a distância de todos daí eu não vou saber falar, eu vou falar mais ou menos o que eu penso. Como assim? Se você fizer as medidas separadas. Se fizer o primeiro arremesso, segundo, terceiro e fazendo e medindo da marca do prumo até a marca da bolinha dá pra saber a medida exata de cada arremesso em centímetros. Agora, se você for realizar uma medida só para todos os arremessos, fazer uma medida não dá pra dar uma medida exata. Vai dar uma medida mais ou menos. Por que não dá para obter uma medida exata? Porque vai cair em lugares diferentes e as medidas vão ser diferentes. Como você resolveria essa situação encontrada? Eu forneci esse valor aqui porque é onde caíram mais (caso da distância do sujeito 1). No meu caso, caíram mais no meio e daí eu forneci um valor que estava por ali. Qual o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa II. Deu 48 cm. Aqui, no meio dessas duas marcas pretas. Qual é o valor da distância encontrada da bolinha no solo pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. Deu 48 cm porque eu pego entre essas duas. A distância encontrada pelo sujeito 1 é maior, menor ou igual a distância encontrada pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. É igual. Deu 48 cm porque é que está aqui no meio. Os dois pretos e os dois vermelhos que estão no meio. A distância que você encontrou é maior, menor ou igual à distância encontrada pelos sujeitos 1 e 2? A minha foi de 47 cm. Esta distância deles aqui é maior que a minha. Eu medi e deu 47 cm e a deles deu 48 cm. Aqui, também se for ver da para saber que essas marcas estão mais para frente do que as minhas marcas. Os dois sujeitos soltaram a bolinha da mesma posição da rampa? Justifique sua resposta. Sim, porque caíram em uma distância bem parecidas. Todas as marcas estão quase todas juntas aqui. Porque nós não temos a medida de todos os lançamentos. Vai ficar onde que mais caiu. A maioria das vezes está caindo aqui mais no meio. Daí é onde eu estou falando que é a medida da distância. O que a medida mais distante significa para você? Pode ter sido que ele tenha jogado um pouco mais acima na posição indicada na rampa. Ela tem mais de 50 cm de distância. Podia significar se fosse medir um por um, ponto por ponto. Mas, como é pra falar a medida de todos, uma medida só ela não é nada. Não está medindo separadamente. Daí se for medir separadamente esse ponto seria o ponto mais longe. A medida para mim é onde mais caíram.

Estudante 12

Coleta

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. Vou medir a distância que vai do prumo até onde a bolinha caiu. Deu 47,50 cm. Você acha que esse é um bom valor da distância para resolver o seu problema? Sim, eu acho porque eu medi com a régua e deu um valor que eu acho que está certo. O que deve

ocorrer com a bolinha se você soltá-la mais uma vez da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *Vai cair aqui próximo desse ponto. Eu acho que pela velocidade que eu usei talvez eu não use a mesma velocidade para soltá-la.* Faça e veja. O que você observou? *Elas caíram no mesmo ponto, mas um pouco mais para a esquerda. Na mesma reta. Continua sendo 47,50 cm. Do ponto do prumo até onde ela caiu. No olho deu aqui.* Que valores você está observando? *Deu 47,5 cm os dois.* O que deve ocorrer se você soltar a bolinha mais uma vez da posição indicada na rampa? *Vai cair igualzinho aqui. Talvez em cima porque de duas medidas, deu dois pontos. Talvez ela caia em cima de um dos pontos.* Então faça três lançamentos caprichados da bolinha e a faça cair no mesmo lugar? *Nossa... Agora, deu diferente o resultado. Deu 48,5 cm. Mudou onde ela caiu. Outras medidas. A mais distante deu 48,5 cm. As outras duas tinham dados 47,5cm, 48 cm e 47,7 cm.* Afinal, onde você acha que a bolinha deveria cair? *No 48 cm por aqui. Nesse ponto aqui. Ela vai cair por aqui. Em média deu 48 cm. Posso fazer outro lançamento?* Então, faça e veja. O que você observou? *Foi um pouco mais longe de 48 cm que era a meta que eu queria. Tenho seis marcas. Cada vez que eu jogo cai em pontos diferentes. Umás caíram mais para frente e outras para trás e outras do lado e está dando resultado diferente. Teve umas que caíram 1 cm a mais da primeira e outras mais para o lado e outras menos.*

Processamento

Então, qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da posição indicada na rampa? Justifique sua resposta. *O valor da média de uma queda da bolinha que deu aqui no ponto. O valor do ponto do meio porque ele deu um ponto em média. Algumas vezes caíram antes e outras depois. Deu 48 cm. Nesse caso, é mais provável que deu 48 cm em média, por aí.*

Comparação

Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa I. *Foi de 48 cm porque ele fez igual a minha. Ele está aqui entre as marcas.* O que aconteceu com aquela marca distante? *Ele soltou mais forte.* Você utilizará esse valor? *Não.* Qual é o valor da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 2? *Deu 42 cm. É o valor médio que ele fez também.* O valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1 é maior, menor ou igual o valor encontrado da distância pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *A distância, no caso do sujeito 1 é maior que a do sujeito 2.* Ambos soltaram a bolinha da mesma posição ou de posições diferentes na rampa? *De posições diferentes da rampa.* O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao soltá-la da rampa é maior, menor ou igual ao valor encontrado da distância pelo sujeito 1? Justifique sua resposta. *A minha é menor que a dele. Não, é igual a minha. A distância encontrada do sujeito 1 é de 48 cm.* Por que o valor encontrado por ele também é igual ao valor que você encontrou? *Porque é um valor que está mais certo.* Por que você acredita que esse valor é o certo? *Baseado na média dos outros lançamentos realizados.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 1? Justifique sua resposta na etapa II. *Em torno de 47,5 cm.* Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao ser solta da rampa pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *Deu 47,5 cm. Eu acho que ele foi aonde tinha mais marcas da bolinha.* O que significa ter mais marcas? *É possível encontrar a medida correta.* O que significa a marca mais distante para você? *Ela foi mais longe. Ela se destaca das outras. Ele tacou de mais de cima da rampa.* O sujeito 1 fez lançamentos da bolinha da mesma posição que foi utilizada pelo sujeito 2? Justifique sua resposta. *Sim, só a vermelha que está mais distante que não. Ele deve ter jogado de uma posição mais alta na rampa.* Os sujeitos 1 e 2 fizeram lançamentos da bolinha da mesma posição utilizada conforme você fez? Justifique sua resposta. *Sim, porque a minha*

teve uma que caíram mais perto e outras que caíram mais longe. Eu acho que é do mesmo local que eu fiz. O valor que você encontrou da distância da bolinha no solo ao soltá-la da rampa é maior, menor ou igual o valor encontrado pelos sujeitos 1 e 2 ? Justifique sua resposta. O valor deles é menor que o meu. Como assim? Foram dois sujeito que soltaram a bolinha. Eu acredito que a medida que ele deu foi menor que a minha. Qual é o valor encontrado da distância da bolinha no solo ao soltar a bolinha na rampa pelos sujeitos 1 e 2? Justifique sua resposta. Deu 47,5 cm porque é a média das marcas aqui. Das nove marcas porque tem uma muito isolada.