

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Educação

PRÁTICAS DE INTERPRETAÇÃO
EM AMBIENTES DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Adelson Fernandes Moreira

Belo Horizonte
2003

Adelson Fernandes Moreira

PRÁTICAS DE INTERPRETAÇÃO EM AMBIENTES DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Tese apresentada ao Curso de Doutorado da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação.

Área de concentração: Educação em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Oto Borges

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte
Faculdade de Educação da UFMG
2003

Tese defendida e aprovada, em 10 de julho de 2003, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Oto Néri Borges – Orientador

Prof. Dr. Sérgio Fiedler Ferrara Junior

Prof. Dr. Paulo Cezar Santos Ventura

Prof. Dr. Antonio Tarciso Borges

Prof. Dr. Orlando Gomes Aguiar Junior

A meus pais, Maria da Conceição e Francisco,
pelo exemplo e confiança, pela abertura de tantas portas
e garantia de tantas oportunidades, o meu agradecimento maior.

A Dilvana, Francisco, Lucas e Edgar,
o agradecimento por mais uma etapa que concluímos juntos,
especialmente a Dilvana, companheira de todas as caminhadas.

As atividades com simulações foram o resultado de um trabalho que envolveu professores e alunos de graduação de diferentes instituições. As contribuições foram diversificadas: produção e revisão das animações, dos roteiros e orientações, acompanhamento das atividades com alunos e professores, avaliação inicial das atividades desenvolvidas, ações de suporte e organização do laboratório de informática. Todos dividimos, portanto, a autoria dos materiais relacionados às atividades com simulações. Meu agradecimento a:

Geraldo Daniel Amaral - Professor do Setor de Instrumentação do COLTEC - UFMG

José Evaristo Rodrigues Costa - Professor da Coordenação de Ciências do CEFET-MG

Júlio Sérgio Salviano - Professor da Coordenação de Ciências do CEFET-MG

Rogério Helvídio Lopes Rosa - Professor da Coordenação de Ciências do CEFET-MG

Alexandre Marçal - Aluno do Curso de Licenciatura em Física da UFMG

Almiro Rogério de Sousa - Aluno do Curso de Eng^a.Mecânica do CEFET-MG

Alexsandro Ramos da Cruz - Aluno do Curso de Eng^a.Mecânica do CEFET-MG

Sebastião Vidigal - Aluno do Curso de Licenciatura em Física da UFMG

Este trabalho significou, em relação ao mestrado, uma mudança de objeto de estudo: das políticas institucionais, em educação, para o ensino de Física, em sala de aula, na educação média. Significou, principalmente, continuidade, especialmente quando agradeço às pessoas que, pela participação contínua, realizam a perspectiva de que nada fazemos sozinhos. Obrigado...

...ao professor Oto, mais uma vez, pela orientação cuidadosa, sistemática, pela oportunidade de discutir e elaborar idéias, com liberdade e conjuntamente. As reuniões de orientação continuaram sendo um momento de aprofundar e de ultrapassar o escrito.

...aos professores de Física do Colégio Técnico da UFMG, Jésus Oliveira, Sérgio Talim, Arnaldo Vaz, Antônio Tarciso, Arjuna Panzera, Ely Maués, Alessandro Damásio, Marcos Vinícius, pela oportunidade de realimentar continuamente o trabalho de pesquisa e a prática docente. A sala de café e o corredor do Setor de Física do Coltec sempre foram espaços férteis de convívio e de idéias.

...aos professores Arnaldo Vaz, Antonio Tarciso e Orlando Aguiar, interlocutores permanentes não só deste trabalho, mas da minha prática como professor e da busca de combinar pesquisa e docência.

...aos colegas do grupo de orientação e pesquisa pela oportunidade de submeter a produção, em andamento, a um debate crítico e generoso, em um ambiente no qual todos exercitamos a tarefa de também orientar. Valeu Carmem, Cristiano, Cristina, Eliane, Marina e Maria Luiza.

...à instituição CEFET-MG, que me proporcionou ótimas condições para a elaboração desta tese.

SUMÁRIO

Lista de figuras.....	11
Lista de quadros.....	12
Resumo.....	13
Capítulo 1 Introdução	16
Capítulo 2 Etnometodologia como perspectiva de pesquisa	24
2.1 – Fenomenologia e abordagem descritiva.....	27
2.2 – Narrativas como dados de segunda ordem.....	29
2.3 – Procedimentos de verificação	33
Capítulo 3 Referências sobre o fenômeno da cognição	35
3.1 – A natureza situada da cognição.....	35
3.2 - Percepção.....	41
3.3 - Acoplamento estrutural e percepção como ato generativo	43
3.4 - Dados Fenomenológicos	48
3.4.1 - Fenomenalidade, objetividade física e realismo.....	51
3.5 - Intencionalidade e noemática	53
3.5.1 - Consciência do tempo.....	55
3.5.2 - Consciência do corpo vivido	58
3.5.3 - Alteridade e intersubjetividade.....	59
3.6 - Superação da descontinuidade entre o mental e o material	60
3.7 - Direções para o olhar.....	61
Capítulo 4 Desenho da pesquisa e levantamento dos dados	64
4.1 - Modelo é conhecimento estruturado	65
4.2 – A seqüência sobre movimento circular uniforme	66
4.3 - A seqüência sobre composição de velocidades	78
Capítulo 5 Aspectos do fenômeno da cognição	93
5.1 – Determinação do período e frequência de uma animação	94
5.2 – Interpretação de uma figura do livro didático	109
5.3 - Comparação de MCU de mesma frequência e raios diferentes	113

5.4 – Práticas de interpretação	120
5.4.1 - Categorias perceptuais e elaboração de conceitos	120
5.4.2 -Tempo vivido e tempo medido.....	120
5.4.3 - Representações dinâmicas e construção de modelos.....	121
5.4.4 - Manipulação de símbolos em equações como objetos concretos.....	122
Capítulo 6 Elementos de descrição da sala de aula	124
6.1 – O olhar para uma sala de aula em situação de pesquisa.	126
6.2 - Objetivos de uma atividade prática e acompanhamento dos alunos	131
6.3 – Como atuar sobre a passividade dos alunos?.....	132
6.4 - Negociação de evidências.....	134
6.5 - Simultaneidade das ações	137
6.6 - Diversidade de estilos de conduta	140
6.7 - Como o livro didático comparece?.....	144
6.8 - Diferentes estilos, diferentes motivações	149
Capítulo 7 Síntese dos resultados e implicações.....	153
7.1 – Práticas de interpretação e percepção	153
7.2 – Percepção e imanência.....	158
7.3 - A sala de aula como uma comunidade de prática.....	162
7.4 – É preciso reconhecer os limites	167
Referências bibliográficas	170

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Esquema da etapa de tratamento dos dados	32
Figura 02 - Perspectivas sobre a cognição.....	63
Figura 03 – Vetor velocidade tangente à trajetória – Demonstração 2.....	67
Figura 04 – Vetor velocidade tangente á trajetória – Demonstração 1.....	67
Figura 05 – Período e frequência de um movimento circular.....	70
Figura 06 – Vetor velocidade no movimento circular	71
Figura 07 – Força centrípeta	71
Figura 08 – Força e aceleração centrípetas	72
Figura 09 – Vetores velocidade, força centrípeta e aceleração centrípeta.....	72
Figura 10 – Comparação de movimentos 1	73
Figura 11 – Comparação de movimentos 2	73
Figura 12 –Movimentos na mesma direção 1	82
Figura 13 –Movimentos na mesma direção 2 - Início	82
Figura 14 – Movimentos na mesma direção 2– Final do caso 1	83
Figura 15 – Movimentos na mesma direção 2– Final do caso 2	83
Figura 16 – Movimentos na mesma direção 2– Final do caso 3	84
Figura 17 - Movimentos na mesma direção 2– Final do caso 4	84
Figura 18 – Movimentos perpendiculares 1	85
Figura 19 - Movimentos perpendiculares 2	85
Figura 20 - Movimentos perpendiculares 3 – Caso1	86
Figura 21 - Movimentos perpendiculares 3 – Caso 2	86
Figura 22 - Movimentos perpendiculares 3 – Caso 3	87
Figura 23 - Lançamento de um projétil – Caso 1	87
Figura 24 - Lançamento de um projétil – Caso 2	88
Figura 25 – Desenho da pesquisa	89
Figura 26 – Animação do Modellus sobre período e frequência.....	95
Figura 27 – Operações envolvendo uma categoria perceptual	102
Figura 28 – Desenho do dispositivo utilizado no experimento com força centrípeta	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Esquema da etapa de levantamento de dados.....	31
Quadro 02. Roteiro da atividade ‘Experimento com força centrípeta	68
Quadro 03 - Exercícios do livro didático sobre mcu (turma de 2000)	74
Quadro 04 - Exercícios sobre cinemática do mcu (turma de 2001)	75
Quadro 05 - Exercícios sobre dinâmica do mcu (turma de 2001)	77
Quadro 06 – Roteiro do experimento ‘Lançamento horizontal de projéteis’	79
Quadro 07 – Sequências das atividades desenvolvidas	91
Quadro 08 – Exercício da atividade com lápis e papel sobre dinâmica do mcu	109
Quadro 09 - Apresentação cronológica das atividades e seus participantes 1	125
Quadro 10 : Apresentação cronológica das atividades e seus participantes.2	126

RESUMO

Atividades com simulações, exercícios com lápis e papel, e experimentação foram combinados para proporcionar aos alunos ambientes de aprendizagem diferenciados. As interações de alguns grupos de alunos foram gravadas, em áudio e vídeo, e analisadas. Ao compará-las, destacamos e analisamos episódios nos quais as interações vivenciadas, nos diferentes ambientes, contribuíam com os dois focos da pesquisa:

- Identificação e descrição de procedimentos característicos de uma sala de aula, entendida como um local, no qual ocorre uma prática social específica;
- Identificação e compreensão de aspectos das práticas de interpretação dos alunos, em atividades envolvendo representações de modelos físicos.

Nossos estudos sobre cognição situada, fenomenologia e fundamentos biológicos da cognição direcionaram a análise para a percepção e como ela participa da ação de interpretar. Conduziram também, juntamente com a etnometodologia, a uma abordagem descritiva da sala de aula, realizada através da elaboração de narrativas de situações destacadas durante a observação dos registros em áudio e vídeo. Essas narrativas se constituíram em dados de segunda ordem, base para a delimitação de episódios, com vistas a uma análise mais aprofundada. Trechos dessas narrativas foram transformados, também, em núcleos de descrição, a partir dos quais refletimos sobre a ação de professor e alunos nas salas de aula pesquisadas.

Destacamos a percepção como um aspecto essencial do interpretar e do aprender. Salientamos o processo de realimentação mútua entre perceber, conceituar e agir. Chamamos atenção para os aspectos imanentes da percepção e de como, através de estratégias de ensino, recortamos a experiência vivida pelos alunos trazendo à sua consciência elementos perceptuais, que compõem de forma imanente essa experiência.

Caracterizamos a sala de aula como uma comunidade de prática e sintetizamos elementos de descrição dessa comunidade. Discutimos, finalmente, as consequências dessa abordagem, especialmente, os obstáculos à transposição de aspectos de uma prática científica autêntica para o interior da sala de aula.

ABSTRACT

Activities based on computer simulations, pencil and paper exercises, as well as laboratory practices were combined to give students opportunity to experience different learning environments. The interactions between students group were first audio- and video-recorded, then compared. By doing so, we identified and analyzed episodes in which the interactions contributed to the two research foci:

- Identification and description of distinguishing procedures of a classroom – place where a specific social practice takes place.
- Identification and comprehension of aspects of students' interpretative practices when those are engrossed in activities involving representations of models in Physics.

Studying situated cognition, phenomenology and biological foundations of cognition, we were directed towards the analyses of perception and the role it plays in the interpretative act. These theoretical studies were combined with a study of ethno-methodology. That lead us to a descriptive approach to the classroom. We wrote vignettes of situations as we listened to the recordings. These vignettes constituted second order data, which were used to delimitate episodes for further and deeper analyses. Excerpts of such vignettes became the heart of the description, a basis for our reflection on teacher's and students' actions in the classroom.

We take the perception as an essential aspect of the interpreting and the learning acts. We emphasize the feedback process interplayed by perception, conceptualization and action. We also discuss the immanent aspects of perception, highlight the way we framed the experiences students have gone through, and draw attention to how those teaching strategies bring perceptual elements to students' consciousness – perceptual elements which compound, in an immanent way, their experience.

The classroom environment is treated as a specific practice community and description elements of the communities investigated are presented. Finally, we discuss the consequences of treating classrooms as venue for specific social practices to evolve, giving special attention to factors that hinder the development of an authentic scientific practice within such venues.

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Essa investigação desenvolveu-se em uma sala de aula de Física, em que buscamos inserir o computador com objetivos bem definidos, dentro de uma sequência de ensino. O computador foi utilizado para proporcionar aos alunos situações de interpretação de representações dinâmicas de modelos físicos. Criar um ambiente de aprendizagem, com atividades dessa natureza, objetivou prover elementos novos para melhor compreender as práticas de um aprendiz ao interpretar representações.

Precedendo a investigação, durante aproximadamente um ano, desenvolvemos trabalhos explorando o software *Modellus*¹. Suas animações contêm representações dinâmicas de qualidade. Evoluem no tempo, podendo ser ‘rodadas’ recursivamente com passos de tempo diferenciados, o que permite analisar, passo a passo, a evolução da representação de um modelo. Em uma mesma tela, é possível coordenar diferentes representações de um mesmo fenômeno: estroboscópica, gráfica e vetorial. As animações, já disponibilizadas pela versão do programa a que tivemos acesso, eram mais apropriadas para trabalhar os conceitos de cinemática e dinâmica. A cada animação corresponde um conjunto de equações e parâmetros que expressam o seu modelo matemático.

Não trabalhamos diretamente com simulações de fenômenos. A simulação de fenômenos implica trazer para a tela do computador uma situação real, destituindo-a de certos componentes, que constituem ruído para a interpretação de aspectos e relações focalizados e tomados como mais importantes daquela situação em estudo. Entendemos a simulação de fenômenos como a criação de mundos virtuais (SCHÖN, 1987). Simular um fenômeno é construir uma representação do mundo real da prática, reduzindo ou eliminando vínculos que poderiam dificultar ou impedir a realização de certos tipos de experimentos e testes de hipóteses. Expressamos nossa compreensão sobre o simular fenômenos para destacar que não

¹ O programa *Modellus*, *Interactive Modelling with Mathematics*, pode ser usado, livremente, sem custo, para qualquer propósito educacional. Seu desenvolvimento é suportado pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. A difusão do programa é apoiada pelo Departamento de Ensino Secundário e pela Fundação para a Divulgação das Tecnologias da Informação. Encontra-se disponível para *download* no site <<http://www.phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>>.

exploramos o *Modellus* nessa direção. Trabalhamos com o *Modellus* para produzir representações animadas de modelos, essas podendo ser do tipo estroboscópico, vetorial e através de gráficos. A partir daí, intentamos explorar o caráter externo de uma representação enquanto objeto dotado de movimento e manipulável na tela do computador.

Com base no trabalho de um ano produzindo simulações e desenvolvendo atividades com os alunos, chegamos a algumas constatações, que relacionamos a seguir:

- o trabalho com simulações motiva os alunos, por quebrar a rotina, possibilitando diversificar a estratégia de desenvolvimento das aulas. Também é motivador devido à qualidade e dinamismo das representações, várias das quais superam o que se pode fazer com quadro e giz;
- não foi possível identificar uma interferência direta do trabalho com simulações na aprendizagem dos alunos. Contudo, quaisquer que sejam os materiais e a estratégia utilizada, não é tarefa simples isolar seus possíveis resultados, uma vez que diferentes fatores interferem na aprendizagem, vários deles não passíveis de controle. Para citar apenas um, de caráter fundamental, o estudo sistemático por parte do aprendiz, para além das atividades que desenvolve em sala;
- parece trazer bons resultados a articulação de atividade experimental com outra envolvendo simulações. Representar em uma simulação relações nem sempre evidentes, que guiam a observação experimental, parece favorecer a interpretação, produção e aplicação de modelos pelos alunos. Considerando-se que a aprendizagem em Ciências envolve o desenvolvimento de competências para interpretar, produzir e aplicar modelos em diferentes situações, tal indicador deve ser mais bem explorado;
- o trabalho com roteiros, para orientar a interação com a tela, traz o mesmo problema que se identifica em atividades orientadas de laboratório. Corre-se o risco de o aluno executar passo a passo uma atividade sem perceber seus objetivos na totalidade e terminar o trabalho sem atribuir significado às tarefas que desenvolveu. Alguns roteiros utilizados foram excessivamente detalhados. Esse tipo de cuidado e problemas envolvendo atividades com orientações muito dirigidas, deixando pouca liberdade de escolha aos alunos, não é restrito a uma atividade envolvendo computadores. Reflexões sobre o papel da experimentação na educação em Ciências (HODSON, 1988 ; TAMIR, 1990; BORGES, 2002) evidenciam esses limites e servem de suporte para a afirmação de que trabalhar com computadores em sala de aula não implica seguramente em modificações substantivas na

prática de ensino e na obtenção de melhores resultados, em comparação com outras estratégias envolvendo materiais menos complexos.

Essas constatações serviram como ponto de partida para o desenvolvimento da pesquisa, especialmente em relação à melhor forma de articular experimentação e atividades com o *Modellus* e a possível contribuição de atividades com esse software na interpretação e construção de modelos. Ao apresentarmos esses elementos de partida, buscamos salientar que o passo inicial da investigação não foi guiado pelo objetivo de testar a qualidade do software. O conhecimento de seus limites e possibilidades, isto é, de sua especificidade e aplicabilidade, antecederam a proposição da pesquisa. A sua escolha decorreu da possibilidade de utilizá-lo de forma gratuita e de suas características, previamente identificadas.

Em relação a essas características, destacava-se a possibilidade de operar sobre a representação, como se fosse um objeto concreto. Decorrem duas questões: em que essa propriedade do programa contribui para a interpretação de representações de modelos físicos? Quais as possíveis diferenças entre um ambiente de aprendizagem organizado com o *Modellus*, com outros envolvendo experimentação e exercícios com lápis e papel?

Segundo ROTH, BOWEN and MCGINN (1999a, 1999b), ao longo da última década, tem sido produzido um número crescente de estudos documentando as funções e papéis fundamentais das práticas de representação em ciência. Recorrendo à contribuição de LATOUR (1987), esses autores conceituam as representações diferentes do texto escrito como inscrições. Com base no conceito de inscrições e de seu papel na construção de um argumento científico, esses pesquisadores procuram explicar as dificuldades de alunos de graduação em Biologia ao interpretarem gráficos de taxa de crescimento da população de uma certa espécie em função do número de indivíduos da espécie, em uma dada região.

Roth e colaboradores caracterizam o processo de produção e interpretação de gráficos como inseridos em uma prática social. Interferem as preocupações correntes dos sujeitos envolvidos, os procedimentos rotineiros e padronizados do campo no qual esses sujeitos atuam, o grau de domínio na utilização de técnicas e equipamentos, os recursos de linguagem compartilhados e os momentos de interrupção do processo quando algo deixa de funcionar seja no campo da comunicação, seja quanto aos resultados esperados de um certo procedimento. Esses aspectos, que caracterizam uma prática social, precisariam ser vivenciados no contexto escolar. Para esses pesquisadores, o fato dos estudantes não experimentarem o processo de produção do gráfico (que se inicia com a definição de um

problema e a definição de que variáveis estudar, medir e registrar) é uma das principais causas das dificuldades em produzir, ler e criticar um gráfico.

Afirmam que as atividades humanas são dirigidas por preocupações correntes, pessoais e características de uma comunidade, situada em um certo contexto. Essas preocupações determinam os tipos de recursos discursivos e materiais, os métodos empregados pelos indivíduos para atuar em qualquer situação. Mais fundamentalmente, as preocupações correntes dirigem a forma como uma situação é percebida e estruturada e, portanto, a natureza e a extensão dos problemas assumidos por um indivíduo ou pelo grupo de que ele participa. Conhecer essas preocupações é necessário para que as atividades de interpretação dos participantes possam ser contextualizadas. Tais preocupações fazem parte da enculturação do indivíduo em um campo de prática e emergem da convergência das visões do campo com a visão própria do indivíduo. As preocupações de um indivíduo com um assunto, em particular, influenciam tanto no grau de motivação para interagir com aquele assunto como na forma de se conduzir durante essa interação.

Considerando como uma dimensão essencial de uma prática social as preocupações correntes de um determinado campo, compartilhadas pelo indivíduo e pela comunidade de que participa, Roth e colaboradores afirmam que os recursos de interpretação não devem ser ensinados aos estudantes de forma independente de interpretações de situações reais. No caso da atividade pesquisada, compreender gráficos de população é mutuamente constitutivo com o conhecimento e o entendimento da evolução de populações reais. Assim, os estudantes precisam participar de atividades que lhes possibilitem melhorar a competência em interpretar gráficos e desenvolver recursos de interpretação acessíveis através de práticas mais autênticas.

Outro aspecto destacado pelos pesquisadores foi a não percepção pelos estudantes da ausência de comunicação entre si, durante a interpretação coletiva de um gráfico. Tal situação constituiu um obstáculo decisivo à interpretação compartilhada do gráfico. Uma vez que não dominavam a linguagem apropriada para a compreensão do problema, falavam coisas diferentes usando as mesmas palavras, produziam entendimentos diferenciados, embora acreditassem estar atingindo consenso em torno de algumas questões. Segundo Roth e colaboradores, o ambiente de aprendizagem proporcionado pela atividade não instigava os estudantes a discutirem criticamente as afirmações uns dos outros, uma vez que a atividade carecia de autenticidade. Nessa perspectiva, enculturar os estudantes em uma prática competente de produção e interpretação de gráficos requer ambientes de aprendizagem nos quais estes participem de um fazer autêntico. Ou seja, os estudantes devem estar engajados em

atividades características dos domínios da ciência: produzir gráficos para convencer outrem; produzir gráficos para gerar padrões em dados coletados; ler artigos e livros que fazem uso de gráficos; desconstruir representações gráficas de dados, construídas pelos pares.

O diálogo com as conclusões de ROTH, BOWEN and McGINN (1999b), a partir das indagações surgidas da experiência inicial com o *Modellus*, reforçou o interesse em avançar na compreensão de como os alunos interpretam representações e, ainda, como isso acontece dentro da sala de aula, entendida como uma comunidade com uma prática distinta de uma comunidade científica. Essa distinção entre a comunidade de uma sala de aula e a comunidade científica não foi suficientemente explorada no trabalho de Roth e colaboradores. Tomamos como pressuposto que tal diferenciação é bastante importante e dessa perspectiva amadurecemos nossas questões de pesquisa.

A experiência no trabalho com o *software Modellus* sinalizava as possibilidades, do ponto de vista da criação de oportunidades de aprendizagem, de articular diferentes ambientes de aprendizagem envolvendo experimentação, exercícios com lápis e papel e atividades com simulações. A comparação das ações desenvolvidas por alunos e professor, nesses diferentes ambientes, especialmente aquele envolvendo a simulação da representação de um modelo no computador, foi assumida como uma estratégia de investigação.

Na medida em que reconhecemos a sala de aula como um local onde ocorre uma prática social com características próprias, nossa pesquisa se desenvolveu com base em dois focos:

- Identificação e descrição de procedimentos característicos dessa prática ;
- Identificação e compreensão de aspectos das práticas de interpretação dos alunos em atividades envolvendo representações de modelos físicos.

Qual a importância de produzir conhecimento a partir desses dois focos? A distância entre os resultados de pesquisa produzidos nos últimos trinta anos e como esses resultados interferem nas práticas de sala de aula, tem sido bastante discutida nos encontros de pesquisa da área de educação em Ciências e em Física,. Não há consenso sobre como deve ser compreendida essa relação entre um domínio de pesquisa básica e o domínio de aplicação. Sem entrar nesse detalhamento, acreditamos que é preciso melhorar nossa compreensão sobre o que ocorre na sala de aula, ou seja, como professor e alunos conferem estabilidade ao seu contexto de ação. Nossa investigação faz uma abordagem descritiva da sala de aula, entendida como uma comunidade de prática. A descrição que fazemos almeja contribuir para uma melhor compreensão dessa ‘sala de aula real’ e para uma continuidade da discussão sobre

como estabelecer uma relação entre pesquisa básica e aplicação, no campo da educação em ciência. Nessa direção, propomos realimentar os processos da sala de aula com resultados de pesquisa que favoreçam um ensino de Física, que desperte uma atitude positiva nos alunos em relação a essa disciplina e no qual os alunos tenham mais oportunidades para aprender.

A importância de focalizar as práticas de interpretação decorre do fato de que, ao ensinarmos Física, colocamos os alunos, permanentemente, em contato com imagens, gráficos, desenhos e estruturas de experimentos. E nesse contato, tentamos criar condições para que eles produzam interpretações de acordo com certos modelos que queremos ensinar. A compreensão de aspectos que cumprem uma função importante na ação de interpretar pode orientar nossa postura em sala de aula e interferir nas estratégias que utilizamos em determinadas aulas expositivas e em outras atividades, nas quais imagens, desenhos, gráficos, montagens de experimento ocupam um lugar preponderante.

Direcionamos, portanto, nossa investigação para os procedimentos práticos de alunos e professor (etnométodos), com competência para se comunicarem dentro de uma comunidade específica. No contexto da pesquisa, a comunidade específica é a sala de aula, e os procedimentos práticos focalizados são aqueles relacionados à interpretação de representações de modelos. Essa perspectiva de pesquisa é a etnometodologia (COULON, 1995; HOLSTEIN and GUBRIUM, 1994). Ela será objeto de nossa discussão no capítulo 2, onde detalharemos também nosso método de levantamento e análise dos dados. Extraímos da etnometodologia os elementos para orientar a descrição e análise da prática social concretizada em uma sala de aula.

O desenho da pesquisa é apresentado no capítulo 3. Nele mostramos as atividades desenvolvidas, com suas respectivas orientações e os exercícios com lápis e papel propostos aos alunos, descrevemos as demonstrações, o experimento e o roteiro utilizado e detalhamos cada tela, do *Modellus*, interpretada pelos alunos. Ao apresentarmos os diferentes instrumentos utilizados, esclarecemos os objetivos propostos para cada ambiente e como as atividades foram articuladas em seqüências de ensino sobre movimento circular uniforme e composição de velocidades.

Buscamos na fenomenologia, nas perspectivas situada e distribuída da cognição os referenciais teóricos para analisar os dados. A contribuição do estudo desses diferentes domínios será apresentada no capítulo 4.

Atividades com simulações, exercícios com lápis e papel, e experimentação foram combinados para proporcionar aos alunos ambientes de aprendizagem diferenciados. As

interações de alguns grupos de alunos foram gravadas, em áudio e vídeo, e analisadas. Ao compará-las, destacamos e analisamos episódios nos quais as interações vivenciadas, nos diferentes ambientes, contribuíam com os dois focos da pesquisa.

A descrição e análise desses episódios são os resultados de nossa investigação, apresentados nos capítulos 5 e 6. No capítulo 5, respondemos ao foco sobre as práticas de interpretação dos alunos. Nossos estudos sobre cognição situada e fenomenologia direcionaram nossa análise para a percepção e como ela participa na ação de interpretar. O capítulo 6 compõe-se da descrição de aspectos característicos da prática social vivida por alunos e professor, nas salas de aula pesquisadas. A utilização de narrativas para fazer tal descrição fundamenta-se na articulação das referências que apreendemos de nossos estudos sobre a etnometodologia, fenomenologia e cognição situada.

No último capítulo, à guisa de conclusão, fazemos uma síntese dos resultados e extraímos algumas implicações. Argumentamos a favor de uma forma de articular experimento e simulações, salientando as possibilidades de investigação abertas por um ambiente no qual os alunos interpretam representações em movimento. Ao exercitarmos essas possibilidades de investigação, acentuamos a percepção como aspecto essencial do interpretar e do aprender. Destacamos o processo de realimentação mútua entre perceber, conceituar e agir. Chamamos atenção para os aspectos imanentes da percepção e de como, através de estratégias de ensino, recortamos a experiência vivida pelos alunos, trazendo a sua consciência elementos perceptuais, que compõem de forma imanente essa experiência.

Caracterizamos a sala de aula como uma comunidade de prática e sintetizamos elementos de descrição dessa comunidade. Salientamos o etnométodo de direcionar as interações para a obtenção da resposta correta, da explicação correta, em detrimento do processo de sua produção. Mostramos como essa perspectiva, compartilhada por alunos e professor, interfere nas perguntas dirigidas ao professor e na forma deste exercitar sua escuta no diálogo com os alunos. A sala de aula é caracterizada como um local de ações simultâneas, que ocorrem para além do controle docente. Um dos aspectos que não podem ser controlados é a evolução da compreensão do objetivo de uma atividade. Dialogando com uma pesquisa desenvolvida por De SÁ e BORGES (2001), destacamos a importância da atuação do professor, não obstante a impossibilidade do controle. Com base em NESPOR (2001), propomos uma maneira de conceber uma atividade e seus objetivos. Chamamos atenção para a diversidade de estilos de conduta dos alunos e analisamos suas implicações.

Discutimos, finalmente, as conseqüências de tratarmos a sala de aula como um espaço onde se desenvolve uma prática social específica, especialmente, em relação aos obstáculos à transposição, para o seu interior, de aspectos de uma prática científica autêntica.

CAPÍTULO 2

ETNOMETODOLOGIA COMO PERSPECTIVA DE PESQUISA

Sob que perspectiva as práticas de interpretação dos alunos foram observadas, registradas e analisadas? Que procedimentos foram adotados para tratar a interferência do pesquisador no objeto de pesquisa? Essa segunda questão torna-se mais relevante na medida em que um dos autores da pesquisa é professor dos alunos, cujas práticas queremos compreender melhor. Como validar nossas análises de modo que nosso olhar e os valores que nos guiaram na observação, no registro e na elaboração das conclusões estejam explicitados na apresentação desse relatório de pesquisa? Quando um dos autores da pesquisa atuou em sala de aula, predominou a ação do professor ou do pesquisador?

A realidade da sala de aula se faz pelo trabalho interpretativo de alunos e professor. A atividade permanente de interpretação do que se faz e do que ocorre produz e organiza as muitas circunstâncias do cotidiano escolar. HOLSTEIN and GUBRIUM (1994) discutem um modelo de interpretação dos fatos sociais, baseado em indivíduos com competência para interagir, que constroem, permanentemente, a ordem social através de uma ação interpretativa, contextualizada, contingente e contínua. Essa aproximação, chamada etnometodologia, como indica o nome, focaliza os etnométodos, isto é, os procedimentos práticos cotidianos para criar, sustentar e gerenciar a realidade objetiva. Nossa investigação foi desenvolvida dentro dessa perspectiva. Que procedimentos práticos foram observados? Observamos as práticas de interpretação concretizadas pelos alunos, individualmente ou em grupo. Qual realidade objetiva estava sendo criada, sustentada, gerenciada? Essa realidade constituiu-se em atividades nas quais a representação de modelos físicos era o objeto de estudo principal, dentro da realidade mais ampla da sala de aula.

A análise foi centrada no raciocínio prático, na ação conjunta de alunos e professor, buscando tornar estável seu espaço de trabalho, de aprendizagem e de trocas. Em vez de assumir que os participantes de um grupo partilham explicitamente significados e definições de situações, buscamos desvelar e compreender como os sujeitos pesquisados se valem de sua capacidade de interpretar, com a colaboração dos outros participantes de uma interação, para agrupar e mostrar, localmente, um senso de ordem e compreensão da ação em curso.

Estruturas sociais são localmente produzidas, sustentadas e experimentadas como ambientes normais, rotineiros. São essas ações cotidianas, tácitas, não percebidas, que engendram a noção errônea de uma realidade objetiva, igual para todos. Cada sala de aula tem componentes que, embora determinados por estruturas mais amplas, presentes dentro e fora da escola, se realizam de modo único, não totalmente previsível, através do trabalho interpretativo dos sujeitos que nela atuam.

Se o real é produzido, “de dentro”, pelas práticas de interpretação dos membros de um determinado grupo, as circunstâncias sociais vivenciadas por esses sujeitos não são completamente determinadas. A transgressão e a produção de novidades são componentes potenciais dessas circunstâncias. Na perspectiva da etnometodologia, isto implica em duas propriedades essenciais do significado: ele é indicial, isto é, ele depende do contexto; ele é reflexivo, ou seja, contexto e procedimentos de interpretação se constituem mutuamente.

Sem um contexto visível, objetos e eventos têm um significado indeterminado, ou mesmo equívoco. O significado de objetos e eventos está entrelaçado ao uso ou à vivência dos sujeitos participantes através da fala e da interação. A interação, incluindo-se todos os detalhes que a constituem para além da fala – gestos, entonação, atitudes de silêncio, movimentos diferenciados com o corpo – confere significado aos objetos e situações. Todos esses elementos constitutivos da interação estão indexados pelo contexto em que ela transcorre. É muito importante, portanto, estar atento aos ‘índices’ que ligam a interação e o contexto.

As atividades de interpretação ocorrem dentro de um certo cenário, são influenciadas pelos recursos materiais e culturais aí presentes e, ao mesmo tempo, focalizam esse mesmo ambiente, constituindo-o pelo ato de interpretar, de atribuir significado. Atividades de interpretação e contexto refletem-se mutuamente. Quem interpreta dá forma ao objeto interpretado. Ao mesmo tempo, as características do objeto e do contexto em que ele se encontra dão forma à interpretação que constitui o objeto. Reflexividade e indicialidade são lados opostos de uma mesma moeda. São aspectos inerentes à realidade social. Suas manifestações e conseqüências são temas de pesquisa centrais da etnometodologia.

Ao discutir a reflexividade e a indicialidade da produção de significados em uma interação, COULON (1995) destaca a importância do vídeo no trabalho etnometodológico de campo. Os documentos em vídeo permitem captar essa dimensão indicial, ajudando a revelar o implícito das interações, contribuindo para a proposição de relações entre as condutas observadas e estruturas mais gerais.

HOLSTEIN and GUBRIUM (1994) referem-se, ainda, a estudos que se concentram nas competências altamente localizadas, que constituem os vários domínios profissionais, mais notadamente o domínio das Ciências Naturais. O objetivo é desvelar os elementos distintivos, na maioria sutis, que caracterizam as práticas sociais circunscritas a domínios específicos de conhecimento e ação. Nessa pesquisa, sintonizamo-nos com tal tendência. Descrevemos as ações práticas através das quais professor e alunos buscam estabilizar seu contexto de atuação e interação. O domínio de conhecimento e ação é a sala de aula, onde ocorre uma prática social com características próprias, na qual o foco de atenção está nos procedimentos utilizados pelos estudantes para interpretar representações.

Como tratar a reflexividade decorrente de um professor pesquisar a sala de aula onde atua? Reconhecer e explicitar essa reflexividade no relatório de pesquisa é atitude fundamental para a criação de condições de validação dos dados. Seguindo essa linha, compartilhamos da posição de ROTH (1995) de que o conhecimento construído localmente é validado por um processo de construção sistemático, disciplinado e aberto ao escrutínio. Todos os aspectos da situação local e do processo de produção do conhecimento devem ser descritos cuidadosamente. Essa descrição, rica em detalhes do contexto, disponibiliza aos interlocutores da pesquisa elementos de validação. Ampliando as possibilidades de diálogo, elegendo o professor como um de nossos interlocutores, a descrição cuidada de todo o processo favorece a identificação de aspectos que, podem ser gerais ou correspondentes a um contexto específico, vividos ou não por esse interlocutor. Tais aspectos podem ser ou não transferidos mas, sobretudo, eles podem instigar a reflexão sobre o próprio trabalho docente.

A visão do prático reflexivo, proposta por SCHÖN (1987), complementa nossa perspectiva de pesquisa. A ação do professor que pesquisa a sala de aula em que atua implica num diálogo, permanente e formador, entre prática pedagógica e prática de investigação. Reconhecemos sua distinção e entendemos, com base em Schön, que elas se conectam, respectiva e predominantemente, aos momentos de reflexão na ação e reflexão sobre a ação. Atuando em sala, mobilizamos, principalmente, aqueles conhecimentos tácitos, que influenciam tanto as ações rotineiras como as decisões que são tomadas sem interromper o transcurso de uma ação. Nosso principal instrumento de coleta de dados foi a câmera de vídeo, incorporada, paulatinamente, ao ambiente da sala de aula até se tornar elemento comum e participante do cenário. Esses registros possibilitaram uma atitude posterior de reflexão sobre a ação, na qual predominou, então, a prática da pesquisa.

A ação do docente e a ação do pesquisador se interferem permanentemente, mas cada uma predomina em momentos diferenciados, orientados por objetivos distintos: na primeira, criar ambientes de aprendizagem que favoreçam a elaboração e interpretação, pelos alunos, de representações de modelos físicos; na segunda, investigar e compreender as práticas de interpretação dos alunos em uma situação nas quais, com o auxílio do computador, as representações interpretadas evoluem no tempo.

Dentro de uma perspectiva etnometodológica, articulada à criação de condições para a reflexão sobre a ação como prática de pesquisa, garantimos as seguintes condições:

- ✓ a disponibilidade dos dados, que são consultáveis (documentos de áudio e vídeo);
- ✓ a exaustividade no tratamento de dados, que é um meio de luta contra a tendência a explorar unicamente os elementos favoráveis às nossas hipóteses de pesquisa;
- ✓ discussão sistemática dos dados: em um primeiro nível de análise, com o orientador do trabalho; em um segundo nível, com o grupo de pesquisa constituído por orientador e orientandos, desenvolvendo diferentes projetos de pesquisa

Mobilizados por preocupações teóricas, dialogamos também com a fenomenologia de Husserl. Com base numa leitura das contribuições desse campo da filosofia, sistematizamos mais um fundamento para nossos métodos de coleta e tratamento dos dados, articulando-o aos procedimentos descritivos propostos pela etnometodologia.

2.1 – FENOMENOLOGIA E ABORDAGEM DESCRITIVA

ROY et al (1999), em sua releitura da fenomenologia de Husserl, salientam que esta compreende uma eidética descritiva em oposição a uma eidética axiomática. DARTIGUES (1992) conceitua eidética como ciência de essências. Compreendemos, então, eidética como um campo do conhecimento que tematiza a essência dos diferentes objetos de estudo, correspondentes aos diferentes domínios das Ciências Naturais e Humanas.

Segundo Roy e colaboradores, na análise de Husserl, a eidética axiomática abarca os procedimentos de uma disciplina, na qual os conceitos são elaborados a partir de uma base conceitual restrita e mediante a demonstração dedutiva de teoremas, tomando, como ponto de partida, axiomas selecionados para esse fim. Por isso, Husserl nomeia essa eidética como matemática. Do ponto de vista da fenomenologia, em uma eidética axiomática, apenas os elementos conceituais básicos, de partida, aceitos sem demonstração, são de natureza imediatamente intuitiva. Os conceitos e teoremas derivados desses elementos primitivos são

indiretamente fundados na intuição, pois não recebem uma justificativa imediatamente intuitiva de si próprios. São, antes, produtos de uma justificação dedutiva com base em elementos, esses sim, puramente intuídos.

Uma eidética descritiva toma por objeto o que Husserl nomeia como essências não exatas ou essências vagas. Estas, diferentemente das exatas, não são completamente determinadas. Não possuem a condição de serem delimitadas como individualidades afirmadas com precisão. Portanto, elas não podem ser objeto de axiomatização, procedimento que requer alto nível de exatidão.

As essências não exatas podem ser investigadas em uma forma descritiva. As essências de experiências vividas são desse tipo. Segundo Roy e colaboradores, no nível eidético, sua inexatidão corresponde ao que Husserl chama de caráter contínuo (*flowing character*) das experiências. No seu nível mais concreto, o dado na intuição não é uma sucessão de elementos discretos, claramente delimitados, mas um contínuo em que entidades separadas não podem ser realmente distinguidas.

Assinalamos aqui uma relação entre o caráter distribuído da cognição e o caráter contínuo das essências não exatas. Em uma situação na qual a cognição é distribuída, o sujeito cognoscente é visto como estando integrado às fontes com as quais interage. Nessa perspectiva, o produto da cognição não pode ser atribuído a nenhum componente, em particular, dessa interação. As contribuições, de cada componente - fontes materiais e culturais, humanas ou não, e sujeito cognoscente -, se co-determinam no processo (PEA, 1997; SALOMON, 1997). É o domínio do fluir contínuo na interação. A delimitação de algo, a partir dessa experiência de caráter primário, a possibilidade de individuação de parte desse processo, e do que foi nele construído, faz-se pela capacidade do sujeito de transcender essa experiência. O sujeito transcende essa experiência na medida em que a representa, a enuncia, agregando-lhe algo de coordenações, elaboradas em vivências anteriores. Ao transcender uma experiência vivida, o sujeito constrange-a em um modelo, que toma como base para compreender, fazer descrições, produzir explicações.

Roy e colaboradores afirmam que, aos olhos de Husserl, admitir tais essências não exatas e propor o exercício de uma eidética descritiva é a grande inovação trazida pela fenomenologia. Pois até então tudo era submetido à lógica axiomática, mesmo fenômenos cujos elementos não se enquadravam nas formas exatas, necessárias à aplicação de axiomas e do raciocínio dedutivo.

Como essa discussão sobre fenomenologia se vincula ao nosso trabalho de um ponto de vista metodológico? A abordagem descritiva é inerente a uma pesquisa qualitativa e uma das formas de justificar essa afirmação faz-se com base na fenomenologia. Os objetos da pesquisa qualitativa são formas não exatas, vividas pelos sujeitos pesquisados e pelo pesquisador, em diferentes situações. São objetos que não se encaixam em categorias e regras pré-definidas a guiar um raciocínio dedutivo. Como se aproximar dessas formas não exatas? Através da descrição cuidada, com o maior detalhamento que as condições da pesquisa possibilitarem. Categorias, regras e teorias direcionam a aproximação, mas estão sujeitas ao caráter contínuo, singular das experiências vividas e pesquisadas; qualificam e são qualificadas por boas descrições. Boas descrições podem gerar problemas novos.

Uma abordagem descritiva está sintonizada com o pressuposto de que as circunstâncias sociais não são completamente determinadas, como propõe a etnometodologia. Uma abordagem descritiva está, portanto, aberta ao inesperado. Procura por ele, e se vale dele para identificar lacunas na teoria, que se pretende usar, e para propor novas direções teóricas. Descrever implica delimitar e quebrar o caráter contínuo da experiência, por isso é uma aproximação parcial e incompleta do observado. O método utilizado e que denominamos ‘mapeamento com construção de narrativas’ situa-se dentro dessa perspectiva.

2.2 – NARRATIVAS COMO DADOS DE SEGUNDA ORDEM

Nosso material empírico compôs-se de registros em áudio e em vídeo das interações entre alunos e destes com o professor, em diferentes ambientes de aprendizagem, conforme indica o quadro 1. As turmas pesquisadas foram divididas em duas subturmas que desenvolveram, em sentidos opostos, a seguinte seqüência de atividades: atividade com experimentos, exercícios com lápis e papel, atividade com simulações. Dois grupos de cada subturma tiveram suas atividades gravadas. Procuramos observar a atividade com simulações de forma integrada na seqüência de ensino vivenciada. Buscamos elementos de comparação em grupos desenvolvendo a mesma seqüência e em grupos realizando o mesmo conjunto de atividades em ordem invertida. Foi possível, portanto, realizar estudos longitudinais curtos, acompanhando a evolução de um único grupo, e estudos transversais, comparando dois grupos em uma mesma atividade.

Seguindo esse desenho, com alterações em relação ao momento de realização dos exercícios com lápis e papel, realizamos gravações das atividades sobre movimento circular

uniforme em duas turmas de 1ª série do ensino médio, uma em 2000, outra em 2001. Na turma de 2001, gravamos ainda uma sequência sobre composição de velocidades. Cada sequência foi desenvolvida em seis aulas. Uma vez que a turma era subdividida, cada sequência resultou em 12 horas aula de gravações, totalizando 36 horas, metade delas em áudio, metade em áudio e vídeo. Em cada sequência, o professor das turmas, um dos autores dessa pesquisa, acompanhou uma subturma. Para acompanhar a outra subturma, contou com a colaboração de dois estudantes de licenciatura em Física (turma de 2001) e de dois professores de Física (turma de 2002), colegas de Departamento.

Turmas: 1ª Série 2001 1ª Série 2002		Dados	Seqüências	Tempo de Gravação (Horas Aula)
Subturma 1:	Subturma 2:	Em cada subturma, registro em áudio e vídeo das atividades de 2 grupos	Movimento circular uniforme (mcu) – 1ª série 2000 (6 aulas)	12
Atividade com experimentos	Atividade com simulações;		mcu – 1ª série 2001 (6 aulas)	12
Exercício com lápis e papel	Exercício com lápis e papel;		Composição de velocidades - 1ª série 2001 (6 aulas)	12
Atividade com simulações	Atividade com experimentos			Total: 36
QUADRO 01 - ESQUEMA DA ETAPA DE LEVANTAMENTO DE DADOS				

Episódios foram delimitados com base na observação e análise das 36 horas de gravação. Os registros em áudio e vídeo foram observados continuamente, acompanhando a cronologia de gravação. Nessa primeira observação, fizemos destaques, registrando sua posição na fita cassete ou de vídeo, e construímos narrativas a partir deles. Em cada narrativa, fizemos uma descrição detalhada da situação destacada, das razões do destaque e do que nos chamou a atenção. As narrativas foram primeiramente manuscritas em um caderno de notas. Na medida em que se acumulavam essas narrativas, emergiam algumas sínteses e possíveis hipóteses, que também eram registradas com o maior detalhamento possível. Esse processo - assistir às fitas, fazer destaques, construir narrativas - foi sistematicamente interrompido, pois se tratava de um longo período de gravações. Ao reiniciarmos o trabalho, todas as anotações anteriores eram relidas, de modo que cada nova etapa recuperava e reconstruía o todo, que ia sendo paulatinamente produzido com a seqüência de narrativas.

Foi através desse processo de elaboração de narrativas, como dados de segunda ordem, (fig. 1) que focalizamos as práticas dos sujeitos no ambiente da sala de aula. As ações práticas se realizaram nas atividades de interpretação de representações de modelos de fenômenos físicos. Procuramos identificar e descrever os procedimentos empregados por alunos e professores para conferir estabilidade ao seu contexto de atuação. Ao identificar esses

chamados etnométodos, procuramos por um lado construir o cenário global da aula, por outro focalizar as práticas de interpretação.

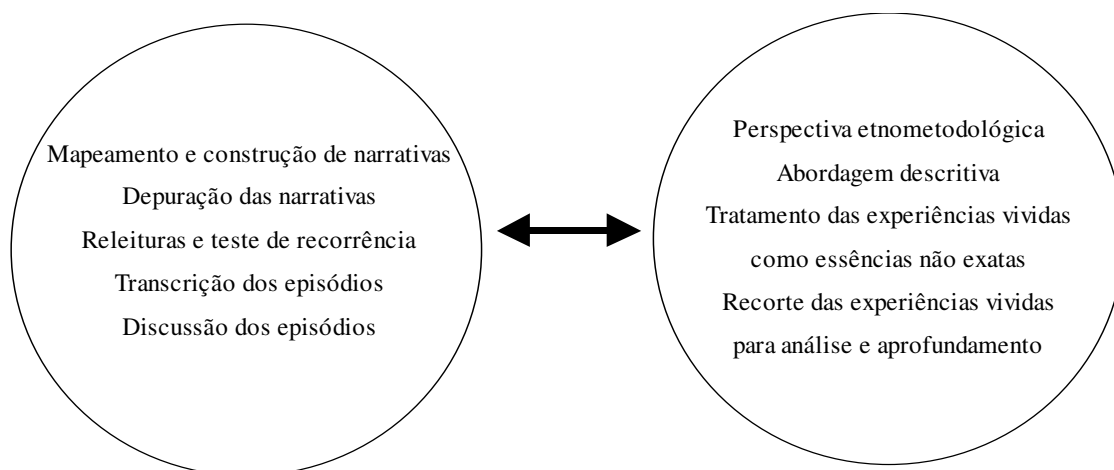


FIGURA 01 – ESQUEMA DA ETAPA DE TRATAMENTO DOS DADOS

Na focalização dos procedimentos de interpretação, aos poucos foi-se afirmando o critério de destacar situações nas quais o diálogo efetivamente ocorria, seja entre os alunos, seja entre estes e o professor, e situações nas quais tal processo era interrompido por diferentes fatores. O que caracteriza esses momentos de diálogo? Neles, o enunciado de um interlocutor era ponto de partida para a produção de novos enunciados e de inferências por esse mesmo interlocutor e/ou por um outro, professor ou aluno. As situações de diálogo se caracterizaram por um processo de elaboração coletiva, uma totalidade da qual não é possível delimitar a contribuição de cada participante de forma independente das contribuições dos demais sujeitos e artefatos envolvidos na interação.

A elaboração de narrativas, entrecortadas por comentários, sínteses e formulação de hipóteses, foi também um exercício da perspectiva do prático reflexivo. As notas produzidas expressam o diálogo, marcado por tensões e convergências, da prática docente – domínio no qual predomina a reflexão-na-ação - com a prática de pesquisa - domínio em que predomina a reflexão sobre a ação. Um distanciamento dessas anotações permite-nos afirmar que um professor comprometido com seu trabalho e que reflete sistematicamente sobre sua ação realiza em alguma medida ações características de um trabalho de pesquisa; ações estas que resultam na redefinição de objetivos e da forma do ‘fazer em sala de aula’. Permite-nos afirmar, ainda, que o pesquisador, que atua como professor e elege diferentes aspectos da sala de aula como objetos de investigação, tem, nas suas vivências como professor, do ponto de

vista da ética, da relevância e da pertinência, uma rica fonte de crítica sobre os problemas que propõe e sobre seus métodos e objetivos de pesquisa.

Terminada a fase de observação e análise das 36 horas de gravação, o conjunto de narrativas foi lido exaustivamente no sentido de se identificar destaques com características semelhantes, seja do ponto de vista do conteúdo das narrativas, das razões de sua construção ou dos comentários e sínteses que geraram. O conjunto de notas foi então digitado ao computador. Esse processo caracterizou outra reconstrução. As narrativas foram depuradas, as estruturas dos textos foram ligeiramente melhoradas. Durante essa reconstrução verificamos mais uma vez a recorrência dos destaques. Ao longo de todo esse processo nosso olhar foi dirigido por referências teóricas, elaboradas em nosso estudo da fenomenologia e da natureza situada e distribuída da cognição. Essas referências serão detalhadas e articuladas no capítulo 3.

O documento resultante da transcrição das notas no computador, com as narrativas melhor estruturadas, foi lido várias vezes, num esforço de mais uma vez identificar e confirmar elementos de ligação entre as narrativas. Aquelas agrupadas por seus aspectos comuns reconduziram novas averiguações das gravações, agora apenas dos trechos destacados e mapeados. Uma vez confirmados os elementos que ligavam as narrativas, esses trechos foram então delimitados como episódios, que se constituíram então, nos dados construídos e apresentados nos capítulos 5 e 6.

2.3 – PROCEDIMENTOS DE VERIFICAÇÃO

Os dois primeiros episódios, delimitados para análise, foram apresentados a dois professores do departamento em que trabalha um dos autores da pesquisa. Dois estudantes de engenharia (bolsistas, que filmaram as aulas, prepararam os computadores para a utilização do *Modellus* e, eventualmente, atuaram como monitores no acompanhamento de algumas atividades) também participaram dessa seção de debate dos episódios destacados. O objetivo dessa apresentação foi o de aferir a pertinência de uma primeira comparação entre as práticas de interpretação de duas duplas na atividade com simulações.

Tentamos checar com os professores do departamento e com os alunos bolsistas a evidência da elaboração de modelos, mediada pelas representações dinâmicas na tela do computador e se isso ocorria de modo sensivelmente diferente para cada dupla. Discutimos a possível contribuição do ambiente proporcionado pelo *Modellus*. Tivemos uma confirmação

positiva para a evidência destacada, do ponto de vista da interpretação e elaboração de modelos. Nossos interlocutores reconheceram as possibilidades criadas por uma representação que evolui no tempo e que pode ser manipulada pelos alunos. Esse procedimento, realizado apenas uma vez, concretizou uma primeira tentativa de verificar se os episódios inicialmente escolhidos eram um material rico para análise.

O espaço de crítica sistemática sobre as descrições e análise produzidas foi, então, concretizado nas reuniões de orientação individual e no grupo de pesquisa. Nas reuniões de orientação individual, descrições e análise eram contrapostas à observação dos episódios registrados em áudio e vídeo. O orientador exercia então o papel de juiz da pertinência e qualidade das evidências, das descrições e da análise propostas. Cumprida essa etapa, escrevíamos um relatório transcrevendo os episódios, articulando descrição e análise. Esse material era debatido no grupo de pesquisa. As evidências eram então os diálogos transcritos, e procurávamos aferir se as conclusões que retirávamos delas poderiam ser sustentadas do ponto de vista empírico e teórico. Esses relatórios resultaram em artigos apresentados em encontros de pesquisa da área (MOREIRA e BORGES, 2001, 2002).

Tais procedimentos não foram realizados como procedimentos de validação dos resultados. Foram etapas fundamentais do desenvolvimento dessa pesquisa qualitativa e tiveram o papel de suportar boas descrições, descrições fundamentadas, e as análises decorrentes. Contribuíram para a elaboração de um relatório que explicita as escolhas do pesquisador, que coloca o leitor numa posição de refazer, pelo menos, em parte, o caminho trilhado, criticar as escolhas e os resultados obtidos a partir delas. Essas características expressam a natureza desse relatório e constituem os elementos de validação que buscamos.

CAPÍTULO 3

REFERÊNCIAS SOBRE O FENÔMENO DA COGNIÇÃO

Discutimos a cognição como fenômeno. Essa afirmação sintetiza a articulação que construímos a partir dos estudos sobre cognição situada, cognição distribuída e fenomenologia. Embora tenha uma dimensão individual, a cognição, como processo, abarca o indivíduo, mas está para além dele, congregando e integrando, com o indivíduo, diferentes fontes materiais e humanas. A cognição, como processo de produção de conhecimento, é materialmente e socialmente distribuída. Portanto, é situada e, como fenômeno, expressa a ação de uma consciência que se projeta para fora do indivíduo, constituindo os objetos do mundo.

3.1 – A NATUREZA SITUADA DA COGNIÇÃO

Nosso estudo sobre cognição situada fez-se a partir dos trabalhos de William Clancey, pesquisador envolvido com a construção de sistemas ‘inteligentes’. A partir de sua experiência profissional no campo da inteligência artificial e com o objetivo de construir sistemas inteligentes cada vez mais flexíveis, Clancey elabora uma crítica centrada nos modelos descritivos simbólicos, uma das principais referências teóricas da tecnologia de inteligência artificial. As contribuições de Clancey para a teoria da cognição situada ocorrem nesse movimento de crítica aos modelos simbólicos e na busca de entender a cognição humana para além da metáfora da mente como um computador.

CLANCEY (1997) apresenta a cognição situada como uma abordagem sobre a natureza do conhecimento, que surge no campo da ciência cognitiva e que enfatiza o papel da realimentação, da organização mútua entre as diferentes fontes de cognição - incluindo o sujeito com suas ações e processos mentais subjacentes - e da emergência de uma elaboração sempre nova no comportamento inteligente.

A teoria da cognição situada, apresentada por Clancey, tem como base a visão de que todo pensamento e ação humanas são adaptados ao ambiente. Vem daí o significado do adjetivo ‘situada’. O que as pessoas percebem, como elas concebem sua atividade, e o que

fazem são processos que se desenvolvem coordenada e simultaneamente. Nessa perspectiva, pensar é uma habilidade Física tanto como andar de bicicleta. Ao pedalarmos, o equilíbrio alcançado em meio ao movimento para frente, eventuais desvios no guidão e deslocamentos com o corpo são resultado de uma re-coordenação de posturas, de formas de ver e de seqüências de movimento prévias. De forma análoga, quando nos ‘movemos’ ao longo da leitura de um texto, por exemplo, e interpretamos o significado de suas sentenças, o transcurso dessa ação é controlado não por uma aplicação mecânica de regras gramaticais, mas por uma re-coordenação de formas prévias de ver, interpretar, falar e mesmo agir. Toda ação humana é, portanto, parcialmente improvisada na medida em que se faz por um mecanismo de acoplamento que integra percepção, concepção e ação. Nesse acoplamento, atua um mecanismo de coordenação não mediado por representações internas de associações, de leis ou de procedimentos.

Clancey destaca os avanços conseguidos nos trabalhos de inteligência artificial, fundados na visão de que o conhecimento consiste de modelos descritivos, isto é, de como são as coisas e de como agir em determinadas situações. Tal abordagem é por ele nomeada como modelo cognitivo simbólico e possibilitou um grande progresso no entendimento do conhecimento de um especialista. O que seria modelar o conhecimento de um especialista? Dada uma situação problemática, descrevê-la com minúcia de detalhes e sobre essa base de dados aplicar um conjunto de procedimentos advindos de teorias aplicáveis em uma situação específica. Mas, certamente, na atuação de um especialista em qualquer área do conhecimento, há algo mais. Há uma flexibilidade que não pode ser reproduzida por programas de computador. Os estudos de cognição situada, segundo Clancey, buscam compreender os fundamentos dessa flexibilidade. Na perspectiva da cognição situada, modelar o conhecimento humano em um conjunto de descrições, tais como uma coleção de fatos e regras em um sistema especialista, é descrever como um programa de computador deveria se comportar em situações particulares. Tal modelo não captura toda a flexibilidade decorrente de como percepção, ação e memória estão relacionadas.

Para melhor explicar essa posição, Clancey afirma que o mapa não é o território. Modelo simbólico, representação de conhecimento é diferente de conhecimento. A descrição ou representação do que faz um especialista não abrange todos os processos que ele articula no transcurso de uma ação.

Clancey ancora suas contribuições (no campo da cognição situada) na psicologia funcionalista de BARTLETT (1932)², e na filosofia pragmatista de JAMES (1974) e DEWEY (1974a, 1974b). Para esses estudiosos, o mecanismo de memória, que coordena percepção e ação, é bastante diferente de descrições armazenadas, fundamento dos modelos descritivos simbólicos. De Bartlett, Clancey tira implicações para uma teoria da cognição que concebe o organismo como um todo, dentro de sua experiência cotidiana de perceber e agir dentro de um contexto.

Clancey reconhece que, de fato, as descrições são fundamentais para a ação humana, mas entende que seu papel não é controlar diretamente o que fazemos, no sentido estrito de uma instrução que guia o comportamento. São as descrições que nos permitem refletir sobre e, portanto, ir além do comportamento meramente reativo. Quando falamos e escrevemos, estendemos nossa atividade cognitiva para o ambiente a nossa volta, sustentamos concepções, interferimos no ambiente através delas e organizamos concepções alternativas, em um processamento mental permanente.

Clancey propõe a seguinte questão: se o conhecimento humano não consiste em descrições armazenadas, qual é então a relação entre o que dizemos e o que fazemos? Para o autor, falar não deve ser entendido como trazer para fora o que já está dentro, mas como uma forma de mudar o que está dentro. Falar é em si uma atividade de representação e não uma mera enunciação de algo armazenado subconscientemente dentro da mente. Nossos nomes para as coisas e o que elas significam, nossas teorias e nossas concepções desenvolvem-se e se modificam de forma concomitante à nossa ação, na medida em que interagimos e re-percebemos o que nós e os outros fizemos e dissemos previamente. Do ponto de vista da cognição situada, olhar, perceber, entender, descrever emergem simultaneamente e se dão forma reciprocamente. Clancey nomeia tal visão como perspectiva transacional. Compreendemos o emergir simultaneamente como elementos integrados em um processo de realimentação mútua.

Tentando fazer uma síntese, para Clancey, cognição situada é o estudo de como o conhecimento humano se desenvolve enquanto um meio de coordenação da atividade, no momento em que ela ocorre. Isto significa que a realimentação proporcionada pelo ambiente material e social e por mecanismos internos ao sujeito, durante o transcurso da ação,

² BARTLETT, F. C. *Remembering: A study in experimental and social psychology* (reprinted). Cambridge: Cambridge University Press, [1932] 1977.

desempenha um papel fundamental. O conhecimento tem, portanto, um aspecto dinâmico tanto em sua formação quanto em seu conteúdo. O autor salienta uma mudança de perspectiva de conhecimento como um artefato armazenado para conhecimento enquanto *capacidade construída na ação* (CLANCEY, 1997:4). Ao destacar a importância da realimentação na produção do conhecimento, Clancey explica que ela pode ocorrer em três formas:

- ações de curto termo mudam o fluxo de dados sensoriais: o que fazemos modifica o ambiente a nossa volta, portanto, condiciona a percepção e produz novas fontes de dados e informações;
- percepção e concepção estão dinamicamente acopladas: nossa compreensão do contexto no qual agimos determina o que percebemos e o significado que atribuímos ao percebido. Reciprocamente, o que percebemos constitui a base a partir da qual fazemos abstrações, elaboramos e compreendemos conceitos;
- objetivos e significado são re-concebidos como transformações produzidas no ambiente de acordo com a percepção que temos dele: o papel a que nos atribuímos em certo contexto condiciona nossas percepções e as possíveis ações que desejamos fazer ou julgamos pertinentes;

Na cognição situada, categorizações perceptuais acopladas a conceitos fornecem o material para o raciocínio, que ao ser realizado modifica o nosso olhar e o que somos capazes de perceber. Percepção, concepção e ação são integradas, constituindo uma totalidade no processo da cognição.

Clancey compreende o termo situado como possuindo múltiplos significados, que ele tenta relacionar sistematicamente em um referencial constituído por três visões comumente usadas para descrever sistemas complexos:

- funcional: uma atividade coreografada, concebida como um processo social;
- estrutural: um mecanismo configurado dinamicamente;
- comportamental: um processo transacional de transformar e interpretar coisas no mundo.

As ações de uma pessoa são permeadas pela forma como ela concebe sua participação em um certo ambiente, em uma determinada comunidade, ou mesmo, mais amplamente, como ela compreende sua atuação em sociedade. Essa concepção constitui uma coreografia do seu fazer. Isto significa que o conhecimento expresso nas ações de um sujeito é desenvolvido e orientado funcionalmente. Uma visão social de funcionalidade destaca o propósito, as intenções decorrentes do papel a que um sujeito se atribui em sociedade. Portanto, o

conhecimento é inseparável da identidade do sujeito, é historicamente e funcionalmente situado como conhecimento de uma pessoa que atua na sociedade de uma certa forma, guiada por determinados propósitos.

Essa atuação em sociedade não é simplesmente fazer algo. Uma coreografia complexa está a permeá-la, expressando um senso de lugar, de identidade social, a regular o comportamento. A concepção do que um sujeito está fazendo, e, portanto, do contexto de suas ações, é sempre social, ainda que ele esteja só. O conhecimento de um especialista é situado no sentido de que reflete uma compreensão sobre as atividades da comunidade de que faz parte, sobre os valores que orientam as condutas compreendidas como desejáveis, corretas, dignas de reconhecimento pelos pares. É especialmente situado porque reflete como o sujeito interpreta tudo isso e como se posiciona diante de um determinado grupo social. Essa conceitualização do contexto, que expressa o aspecto funcional da cognição situada, é comparada por Clancey como a água na qual o peixe nada: é tácita, preenche todo o ambiente e é necessária.

Ao discutir o aspecto estrutural do termo situado, Clancey toma como exemplo a percepção e interpretação de desenhos. Observadores percebem desenhos bidimensionais como tridimensionais porque concebem tais desenhos como se referindo a coisas do mundo. Se o desenho é o de pessoas em um jardim, é bastante difícil olhar para o desenho e ver nele apenas um conjunto abstrato de linhas sem nenhuma referência a pessoas e árvores. A integração dos traços percebidos é imediata e expressa um acoplamento dinâmico, instantâneo entre percepção e atribuição de significado. Nessa perspectiva a observação é interativa na medida em que o observador elabora um significado que não está no desenho bidimensional, mas na interação que estabelece com os traços da tela. O observador constrói uma estrutura que expressa um significado. Essa não é dada previamente por qualquer tipo de fonte. Ao fazê-lo coordena física e simultaneamente percepção, concepção e ação. Nessa observação, ele não reflete, delibera ou faz inferências. Percepção e atribuição de significado emergem juntas, acopladas através da experiência, influenciando-se reciprocamente.

O aspecto comportamental diz respeito à realimentação local, às noções de espaço e tempo, sempre passíveis de mudança e inerentes a qualquer ação. Esse aspecto denota a reflexividade do comportamento, que é continuamente ajustado. A percepção continuada que um sujeito tem do que faz, de como o seu agir modifica o ambiente a sua volta ou de como o ambiente se configura a partir desse agir, definem e direcionam, permanentemente, suas ações.

Assumimos a visão de Clancey sobre cognição situada, cujas idéias básicas apresentamos até aqui, como um dos referenciais de análise da nossa investigação. Ao fazê-lo, exploramos as possibilidades de descrição e compreensão decorrentes dessa abordagem. Destacamos nessa visão:

- a ênfase no papel da realimentação, da organização mútua entre as diferentes fontes de cognição e da emergência de uma elaboração sempre nova no comportamento inteligente;
- a distinção entre as diferentes formas de realimentação, atribuindo à percepção um papel não periférico na cognição;
- a compreensão de que o que as pessoas percebem, como elas concebem sua atividade e o que fazem são processos que se desenvolvem de forma coordenada e simultânea;
- o reconhecimento de que toda ação humana é parcialmente improvisada e de que isto é resultado de um mecanismo de acoplamento que integra percepção, concepção e ação;
- o entendimento de que produzir um enunciado é uma atividade de representação e não, simplesmente, trazer para fora o que está dentro. Enunciar algo já é um processo de modificar o que está dentro;
- a proposição de que elaborar conceitos, raciocinar, operar sobre eles tem como substrato conceitualizações, entendidas como categorizações perceptuais, isto é, coordenações conceituais elementares nas quais percepção, concepção e ação estão integradas;
- o desdobramento do significado ‘ser situado’ nas dimensões funcional, estrutural e comportamental da cognição.

A natureza situada da cognição recolocou para nós a importância da percepção nos processos cognitivos e, portanto, direcionou o nosso olhar para investigar no material empírico como a percepção participa nas práticas de interpretação dos alunos. A natureza situada da cognição conectou-se também com a perspectiva etnometodológica na medida em que destaca o caráter funcional e comportamental dos processos cognitivos. Identificar e descrever os etnométodos de uma sala de aula é, justamente, desvelar a coreografia do fazer nesse contexto. Como caracterizado anteriormente, essa coreografia se compõe: dos papéis que professor e alunos atribuem a si; de seu senso de lugar e de identidade; da compreensão do que se faz e do que se espera de cada um naquela comunidade de prática; dos valores atribuídos a diferentes condutas e o reconhecimento, muitas vezes tácito, das condutas desejáveis.

Identificar características da prática social que ocorre em uma sala de aula implica, também, explorar o caráter comportamental da cognição, isto é, destacar como as diferentes fontes, materiais e humanas, que compõem esse ambiente, se interrelacionam: como a

resposta de um artefato, experimento, simulação, modifica as ações de interpretação dos alunos; como as possibilidades de ação sobre imagens estáticas, sobre imagens em movimento, sobre montagens experimentais interferem nas interpretações dos alunos; de que maneira a própria fala modifica a compreensão de quem fala; de que modo a fala do outro compõe e modifica a compreensão de ambos os interlocutores; finalmente, como comparecem, nessa perspectiva, as intervenções do professor.

Uma abordagem situada da cognição ilumina o duplo foco de nossa investigação: identificar e descrever elementos de caracterização da prática que ocorre em uma sala de aula; dessa caracterização, fazer um recorte e focalizar as práticas de interpretação dos alunos. Em relação a esse segundo foco, o estudo sobre cognição situada conduziu-nos a explorar, especificamente, o papel da percepção no ato de interpretar.

3.2 - PERCEPÇÃO

Em uma citação de Gibson (1979)³, Clancey destaca que é necessário prestar atenção no mundo antes de colocá-lo em palavras. Para dizer o mundo é preciso, antes, vê-lo. Perceber precede predicar. A percepção compõe, de forma essencial, coordenações elementares a partir das quais elaboramos inferências, representações, predicados. Perceber já é, em si, um ato.

Dialogando com Dewey, Clancey reforça essa compreensão da percepção como um ato, não apenas como uma captura de estímulos que dispara uma resposta. A percepção é uma atividade coordenada, que não se inicia com o estímulo sensorial. No caso da percepção visual, começa com o movimento do corpo, da cabeça e dos músculos do olho determinando a qualidade do que é percebido. A percepção, como atividade coordenada, inicia-se com o ato de ver. Trata-se de dirigir o olhar e não, meramente, captar uma sensação de luz.

Percepção e ação se constituem mutuamente. Não existem de forma independente. Compõem uma coordenação e suas significâncias respectivas emergem do papel que desempenham na manutenção e na reconstituição da co-ordenação. Percepção e ação constituem uma coordenação que se estabelece dentro de um ato consciente do organismo movido por um determinado objetivo. Uma visão integrada, que tira a percepção da periferia da ação do organismo, decorre dessa visão funcional: diferentes faculdades integradas na consecução de um objetivo.

³ GIBSON, J. J. The ecological approach to visual perception. Boston: Houghton Mifflin, 1979.

A percepção resultante de um estímulo é sempre algo construído em correlação a uma resposta do organismo. Nessa correlação, não são necessários passos inferenciais, uma percepção não precisa gerar uma representação que disparará uma ação subsequente. Citando Dewey⁴, Clancey salienta que

“A sensação ou estímulo consciente não é uma coisa ou uma existência em si; é aquela fase de uma co-ordenação requerendo atenção porque, por razão de conflito dentro da coordenação, é incerto como completá-la. Portanto, não apenas a resposta é incerta, mas o estímulo é igualmente incerto: um é incerto somente na medida em que o outro é(...)

(...) Eles são estritamente correlativos e contemporâneos. O estímulo é alguma coisa a ser descoberto: a ser feito completado... Assim que é adequadamente determinado, então e somente então, a resposta é também completada. Realizar ambos significa que a coordenação foi completada em si. Além disso, é a resposta motora que assiste a descoberta e a constituição do estímulo. É a sustentação do movimento em um certo estágio que cria a sensação, que a coloca em relevo.” (CLANCEY, 1997:95)

A percepção comparece de modo fundamental na produção do que chamaremos, a partir desse ponto da tese, categorias perceptuais. Uma categoria perceptual é uma coordenação conceitual elementar. É um tipo de informação e, como tal, não deve ser tratada como uma substância Física. Uma categoria perceptual é algo dinâmico, uma relação dentro de e entre processos cognitivos. Com base em Bateson⁵, Clancey afirma que a produção de uma informação, e, em nosso entendimento, de uma categoria perceptual envolve operações que não podem ser localizadas porque não têm dimensões. A produção de uma categoria perceptual envolve estabelecimento de contrastes, de correspondências, de frequência, de busca de simetria, congruência e conformidade. Por exemplo, para se visualizar o desenho, em preto e branco, de uma xícara contendo café e identificá-lo como tal, é preciso fazer-se um contraste entre o papel branco, traços que demarcam a xícara e uma mancha negra que representa o café. Essa operação não está no desenho, nem no espaço entre o observador e o desenho, tampouco está na mente de quem observa. Trata-se de algo construído e que não tem

⁴ DEWEY, J. The reflex arc concept in psychology. *Psychological Review*. 3: 357-370, [1896] 1981.

⁵BATESON, G. *Steps to an ecology of mind*. New York: Ballantine Books. 1972

dimensões, sequer pode ser localizado. Isto é uma categoria perceptual, diferente da representação externa que a gerou. Esta, sim, tem dimensões e pode ser localizada.

A percepção expressa um processo de construção que integra o indivíduo às diferentes fontes do meio. Chamamos essa construção de categoria perceptual, base para os processos de inferência, representação e elaborações conceituais de ordem mais alta. É possível detalhar o processo de produção de categorias perceptuais, que poderia ser chamado simplesmente de percepção? Fazemos esse detalhamento a partir do diálogo que Clancey estabelece com Maturana.

3.3 - ACOPLAMENTO ESTRUTURAL E PERCEPÇÃO COMO ATO GENERATIVO

Clancey argumenta a favor de uma visão de acoplamento como mecanismo elementar de produção de categorias. Tal mecanismo se traduz em um acoplamento estrutural, que incorpora as estruturas cognitivas do sujeito, suas crenças, valores, seus interesses, mas está para além dele, congregando também diferentes fontes presentes no ambiente material, social e cultural, selecionadas pelo sujeito no processo de cognição.

Nesse mecanismo de acoplamento, a história de transações de um aprendiz com seu ambiente material, social, cultural, é um fator determinante das interações que ele pode estabelecer. Essa história interfere diretamente na forma como objetos e eventos do meio são percebidos e transformados em oportunidades para ação. Essa história de interações se expressa nos valores, crenças e interesses que mobilizam a ação do aprendiz. Manifesta-se nos chamados conhecimentos prévios que direcionam interpretações e ações correntes. Em sua atuação sobre o meio, o aprendiz modifica o percebido que, por sua vez, interferirá nas ações subsequentes. No sistema aprendiz-ambiente material, social e cultural, o aprendiz age sobre e percebe o ambiente à sua volta. O ambiente sofre a ação e co-determina a percepção.

A partir dos trabalhos de MATURANA (1983)⁶, Clancey discute o significado de acoplamento estrutural. Do ponto de vista da cognição, considera o sistema cognitivo humano como um sistema determinado em estrutura. Em um sistema determinado em estrutura, os componentes operam dentro de um espaço de configurações do todo, de modo que qualquer configuração compromete todos os componentes.

⁶ MATURANA, H.R. What is it to see? Que és ver? *Archivos de Biología y Medicina Experimentales*. 16, 255-269, 1983.

As estruturas internas constituem e sustentam o seu próprio espaço de configurações. Em outros escritos, Maturana, juntamente com Varela, trabalha com algumas situações envolvendo percepção visual para esclarecer as características de um sistema determinado em estrutura. Esses pesquisadores argumentam que a cor dos objetos não é determinada pelas características da luz que recebemos deles. “(...) *a experiência da cor corresponde a uma configuração específica de estados de atividade do sistema nervoso determinados por sua estrutura*” (MATURANA e VARELA, 1995: 65). Tais estados poderiam ser produzidos por uma gama variada de estímulos. A sensação da cor verde não é determinada pela chegada de uma onda eletromagnética com frequência em torno de $5,6 \times 10^{14}$ Hz. A sensação da cor verde refere-se a um certo estado de atividade neural que pode ser disparado pela recepção de luz de frequência correspondente ao verde como também pela conjugação de uma sensação anterior com uma sensação no presente. Um disco negro inscrito em um quadrado verde (sensação anterior) resulta em um disco verde sobre um quadrado rosa quando fixamos o olhar sobre uma parede branca (sensação no presente).

Segundo Maturana e Varela, a cor que percebemos não é uma qualidade dos objetos e da luz irradiada ou refletida por eles. É possível relacionar cores a estados de atividade neural, mas não é possível relacionar uma cor percebida a um certo comprimento de onda da luz recebida, isto é, a um certo estímulo específico. “(...) *Os estados de atividade neural que são desencadeados pelas diferentes perturbações em cada pessoa são determinados por sua estrutura individual e não pelas características do agente perturbador*” (MATURANA e VARELA, 1995: 65). Isso é válido para todas as dimensões da experiência visual: movimento, textura, forma etc. e também para qualquer outra modalidade perceptiva. “(...) *Poderíamos citar situações semelhantes que nos revelam, de um só golpe, que aquilo que tomávamos como a simples apreensão de alguma coisa (espaço ou cor) traz a marca indelével de nossa própria estrutura.*” (MATURANA e VARELA, 1995: 65)

Esses pesquisadores salientam o que parece ser uma tese fundamental:

“(...) *nossa experiência está indissociavelmente amarrada à nossa estrutura (...) ao examinarmos mais de perto como chegamos a conhecer esse mundo, sempre descobriremos que não podemos separar nossa história de ações – biológicas e sociais – de como ele nos parece ser.*” (MATURANA e VARELA, 1995: 66)

Convergindo com a leitura de Clancey, isto significa que interpretar uma representação não implica trazê-la diretamente para dentro ou mapeá-la em códigos internos para o estabelecimento de correspondências. As estruturas internas operam sobre as suas

propriedades contingentes, isto é, sobre as conexões e relações passíveis de serem estabelecidas entre seus próprios componentes e fontes do ambiente material, social e cultural, a cada momento. Interpretar uma representação é um comportamento emergente, que envolve uma variável não controlável. Essa variável não controlável resulta das diferentes possibilidades de acoplamento da estrutura cognitiva do aprendiz com o meio, no qual atua, e das diversas possibilidades de mudanças que a estrutura cognitiva pode sofrer, como decorrência de sua configuração a cada instante. Níveis mais altos de processamento, envolvendo elaboração de conceitos, podem categorizar categorias perceptuais, mas essas coordenações são ainda relações entre estruturas internas que não possibilitam localizar no sistema as ‘marcas’ de qualquer estímulo recebido. A resposta a qualquer estímulo é sempre uma configuração global envolvendo todos os componentes da estrutura. A estrutura cognitiva do ser humano, sendo determinada em estrutura, não admite ações instrutivas.

Interpretamos a produção de categorias perceptuais como resultado de um acoplamento estrutural, um acoplamento entre a estrutura cognitiva do aprendiz e a estrutura do meio. Esse acoplamento possibilita uma nova unidade de análise que está para além do sujeito, congregando componentes materiais, culturais e sociais do ambiente. Esse tipo de interpretação provê uma base para compreender o significado não unívoco de qualquer representação. Ainda que, em um processo de interpretação, seja necessária a aplicação de regras bem determinadas, dele podem emergir diversos significados, resultantes das diferentes coordenações percepto-motoras-conceituais passíveis de serem produzidas por diferentes indivíduos, com diferentes histórias de transações e diversos interesses a mobilizarem suas ações.

Compreendemos o acoplamento estrutural como traduzindo o caráter distribuído da cognição (SALOMON, 1997). Um ambiente de aprendizagem, no contexto da educação escolar, pressupõe a existência de uma estrutura que congrega diferentes fontes: artefatos cognitivos diversos como livros, computador, materiais experimentais, lápis e papel. Essas fontes são dispostas de uma forma mais ou menos estruturada juntamente com orientações para o desenvolvimento de atividades. Professores e alunos podem ser considerados também como fontes humanas de interação nesse meio.

O aprendiz comparece nesse ambiente com sua estrutura cognitiva, que deve ser interpretada em sentido amplo, isto é como uma estrutura encarnada em que aprender significa uma ação de corpo inteiro integrando sistema nervoso, cérebro, órgãos sensoriais e motores, conhecimentos prévios, crenças, valores, interesses, sentimentos. Podemos interpretar a ação

do aprendiz como uma interação entre uma estrutura complexa, o corpo que conhece, e um meio pretensamente estruturado com certos objetivos.

A distribuição da cognição decorre de um acoplamento entre estruturas, com um certo grau de estabilidade e com uma interferência recíproca disparada continuamente por ambas as estruturas. A ação do aprendiz sobre esse ambiente de aprendizagem modifica esse ambiente, ininterruptamente. Tais mudanças são determinadas pela estrutura desse ambiente. De forma simultânea, isto é, dentro de um processo de realimentação contínua, a estrutura do aprendiz modifica-se, modificações essas também determinadas pela configuração de sua estrutura cognitiva, a cada momento.

Se há o acoplamento entre estruturas, dito de outro modo, se há a distribuição da cognição, o que temos, do ponto de vista de um observador externo à interação é uma nova totalidade congregando as estruturas do aprendiz e do meio. Essa configuração é tal que nas realizações dessa nova unidade não é possível especificar a contribuição de cada estrutura componente de forma isolada ou independente da contribuição da outra e das relações que caracterizam a unidade como uma nova organização: aprendiz-agindo-no-ambiente-de-aprendizagem. Uma vez que tal acoplamento se constitua e ganhe estabilidade, ele inicia sua própria história de mudanças estruturais, podendo realizar ações cada vez mais complexas e com maior autonomia.

Nesse acoplamento estrutural, a informação perceptual existe dentro de um processo de categorização que integra percepção, concepção e ação. A informação não deve ser concebida como algo externo ao sujeito, com dimensões e localizável, como um conjunto de instruções a determinar completamente o seu comportamento. Pode-se atribuir esse objetivo a uma determinada representação externa. Mas a informação elaborada pelo sujeito, no ato de interpretar, não pode ser reduzida ao processo observável, nem pode estabelecer-se uma correspondência estrita entre as intenções de quem gerou a representação e o conteúdo da informação produzida mediante coordenações percepto-motoras-conceituais.

Assumir o acoplamento estrutural, como mecanismo elementar de produção de categorias, implica em entender a percepção como ato generativo. As ações de prestar atenção, focalizar o olhar devem ser compreendidas como aspectos de uma teoria da percepção. Prestar atenção, olhar envolve um mecanismo de ‘detecção’, de ‘captura’ de informação de interesse. Utilizando termos de BATESON (1972)⁷, Clancey afirma que a captura de estímulos na

⁷ Cf. nota 5, p. 39.

percepção envolve selecionar *diferenças que fazem a diferença* (CLANCEY, 1996: 271). Destaca que a informação produzida nesse processo não é propriedade inerente aos objetos e eventos do ambiente, mas uma relação dinâmica, construída por acoplamento estrutural, expressa em uma coordenação que integra percepção, concepção e ação. Nesse sentido perceber é construir uma coordenação conceitual elementar.

Conjugando as contribuições desses diferentes autores, entendemos que perceber é um ato generativo e constitutivo da elaboração de conceitos. Os dados e análise apresentados não nos permitem afirmar que todo processo de elaboração de conceitos funda-se em um ato perceptivo. Mas estabelecemos a hipótese de que se na elaboração de um conceito for possível identificar categorias perceptuais, essas, certamente, compõem um substrato, de caráter elementar. Identificá-las permitirá situar melhor o processo de aprendizagem vivido pelo aprendiz e proverá indicadores da melhor forma de intervir no ambiente escolar.

Se considerarmos o sistema cognitivo do aprendiz como determinado em estrutura, então ele percebe mobilizando toda a sua estrutura cognitiva, integrando órgãos dos sentidos, sistema nervoso, cérebro, crenças, valores e acoplando-os às diferentes fontes de cognição com as quais interage. Perceber é elaborar informação genuína, nova, permanentemente. O sujeito, como decorrência da sua história de transações, traz consigo uma bagagem de coordenações potenciais, que se concretizam a partir das informações perceptuais que elabora. Nessa nova unidade de análise aprendiz-agindo-no-ambiente-de-aprendizagem, um dos aspectos que destaca o indivíduo desse todo é sua capacidade em produzir representações e comunicá-las através de diferentes instrumentos.

Tal perspectiva se articula à capacidade humana de improvisar, à flexibilidade na produção e aplicação do conhecimento, à dificuldade, para não dizer impossibilidade, de controlar os processos de aprendizagem. Tal perspectiva expressa uma visão de conhecimento como *capacidade construída na ação* (CLANCEY, 1997:4) e de memória como uma habilidade de reeditar, seqüenciar e recompor interações já ocorridas. Reafirmamos a visão de Clancey, segundo a qual a memória existe, mas para processos interativos, coordenados. Tais processos correspondem a uma ativação, re-categorização e coordenação de seqüências percepto-motoras-conceituais e outras relações temporais como ritmo e simultaneidade. Esse autor cita como exemplo a performance durante um discurso. Podemos dizer uma frase, ou escrevê-la, ou mesmo soletrá-la mais de uma vez. Falamos, então, de um modo já falado antes. Poderíamos então inferir que, ao repetir uma fala, o sujeito resgata os enunciados armazenados. Entretanto, cada nova ação é uma adaptação de uma coordenação antecedente,

não uma repetição literal de sinais guardados ou uma mera execução de um procedimento isolado. Ao reproduzirmos sons, mudamos a inflexão assim como a entonação e o próprio significado das palavras. A idéia chave é que tudo está acontecendo em processo de mútua realimentação. Diferentes níveis de organização - motores, perceptuais, conceituais - estão afetando um ao outro no transcurso de uma ação.

Com base em Dewey⁸, Clancey propõe uma propriedade chave da arquitetura mental:

(...) Sequências de atos são compostas de modo que experiências subseqüentes categorizam e, então, dão significado ao que foi experienciado antes. Categorização de detalhes perceptuais emerge então junto com a categorização contínua de 'o que eu estou fazendo agora'. O significado não é gravado com fatos armazenados sobre conceitos, mas é inerente a experiência de um detalhe perceptual dentro de uma seqüência contínua de interações (...) (CLANCEY, 1997:95-96)

Esse caráter contínuo da experiência é o elemento de ligação para tratar a cognição como um fenômeno congregando o indivíduo, mas se realizando para além dele, especialmente nos níveis elementares da percepção. Fazemos aqui a abertura para as contribuições do nosso estudo sobre fenomenologia, que orientou o tratamento dos dados, de modo a reconhecer neles o caráter contínuo de experiência vivida por alunos e professores. Essa reflexão sobre a fenomenologia levou-nos a tratar a produção de enunciados, sua delimitação e transcrição como um recorte dessa experiência vivida. Acentuou, por um lado, a perspectiva parcial de nossas descrições em relação à inteireza do vivido. Por outro, qualificou nossa compreensão sobre a percepção como uma abordagem que reconhece os dados fenomenológicos e que procura fazer inferências sobre eles. Mas o que entendemos por dados fenomenológicos?

3.4 - DADOS FENOMENOLÓGICOS

Para algumas vertentes da ciência cognitiva, há o mental e o material (ROY et al, 1999). No nível mental elaboram-se modelos explicativos, de caráter abstrato, do que ocorre no nível material, do comportamento cognitivo observável. São níveis distintos sem ligação, significando uma descontinuidade. Divergindo dessa visão, tomamos como pressuposto que entre os níveis mental e material, há os dados fenomenológicos, que atestam os processos

⁸ Cf. nota 4 , p. 39

mentais como fenômenos em si mesmos (não modelos explicativos teóricos), atestam um acoplamento entre o mental e o material. E, se considerados, implicam pensar a mente como algo que se projeta para o mundo cognoscível. Admitimos a possibilidade de considerar os conteúdos da experiência de conhecer, os conteúdos de uma mente em processo, os conteúdos da consciência, como objetos de descrição e explicação.

Maturana e Varela afirmam que conhecer como conhecemos é enfrentar o problema da circularidade, pois utilizamos o instrumento de análise para analisar o instrumento de análise. Enfrentar essa circularidade é admitir a relatividade da experiência de conhecer o conhecer, de refletir sobre o que conhecemos. O que resulta dessa experiência pode ser questionado pois não reflete um mundo absoluto. Ao buscarem os fundamentos biológicos do conhecer, esses pesquisadores afirmam que

“(...) na base de tudo o que diremos está essa constante consciência de que o fenômeno do conhecer não pode ser equiparado à existência de fatos lá fora ou objetos lá fora, que podemos captar e armazenar na cabeça. A experiência de qualquer coisa ‘lá fora’ é validada de modo especial pela estrutura humana, que torna possível a ‘coisa’ que surge na descrição.(...) Tal circularidade, tal encadeamento entre ação e experiência, tal inseparabilidade entre ser de uma maneira particular e como o mundo nos parece ser, indica que todo ato de conhecer produz um mundo.” (MATURANA e VARELA 1995: 68)

Qual o significado de ação e experiência? A ação é o ser de uma maneira particular, a experiência é o que resulta em como o mundo nos parece ser. Experiência implicaria em algum grau de consciência sobre o que fazemos. A ação refere-se ao vivido e a experiência a como sentimos, percebemos, descrevemos, representamos, explicamos, comunicamos o vivido. O conhecer está no domínio da experiência (pois sentir, perceber, descrever, representar, explicar, comunicar, expressam modos de conhecer) mas está também no domínio da ação, pois cada um desses modos expressa um fazer, um estar no mundo, um agir sobre ele e sofrer suas influências. Eis a circularidade, eis o domínio dos dados fenomenológicos.

Maturana e Varela afirmam ainda que *“(...) não há descontinuidade entre o social e o humano e suas raízes biológicas. O fenômeno do conhecer é um todo integrado, e todos os seus aspectos estão fundados sobre a mesma base.” (MATURANA e VARELA 1995: 69).* Buscamos, nesses pressupostos, suporte para sustentar a perspectiva de reconhecer os dados fenomenológicos, o que significa tratar a cognição de um ponto de vista da continuidade entre

o mental e o material. As referências advindas da abordagem situada da cognição também caminham nesse sentido.

A abordagem situada da cognição está mais próxima dos dados fenomenológicos, uma vez que a mente é constitutiva do corpo e nele se conecta aos elementos e sujeitos do ambiente ao seu redor. Se tomarmos como base os estudos sobre cognição situada, anteriormente apresentados, acreditamos fazer uma abertura para considerar evidências de tipo não comportamental, o que significa reconhecer que o vivido não é inteiramente comunicável. O vivido é o fenômeno. Dito de outra forma, o vivido é dotado de uma fenomenalidade.

A fenomenalidade refere-se ao modo de aparecer das coisas para um indivíduo. ROY et al (1999), baseando-se em Nagel⁹, chamam a atenção para o modo como as coisas aparecem a um ser humano, dotado de um sistema perceptivo visual, e a um morcego dotado de um sonar como sistema perceptivo. Esses pesquisadores estendem as diferenças no modo de aparecer das coisas para seres da mesma espécie. Ao fazerem essa extensão, e aplicando-a aos seres humanos, salientam as distintas formas de compreender e descrever os chamados dados fenomenológicos, que abarcariam o significado de termos como subjetividade, consciência, *qualia*, experiência.

Superar a descontinuidade entre o mental e o material significa incorporar, integrar os aspectos objetiváveis e não objetiváveis das operações mentais. Ainda que a mente possa ser delimitada como um objeto passível de ser modelado e descrito por um mecanismo que corresponda a atos, a comportamentos observáveis dos sujeitos, ela pode ser também, enquanto processo, compreendida como uma dimensão do ser que se constitui a cada ação do sujeito, que se projeta para fora do sujeito, articulando de forma unitária aspectos internos e externos objetiváveis, aspectos internos não acessíveis ao próprio sujeito, aspectos internos acessíveis ao sujeito mas não completamente comunicáveis. Essa seria a perspectiva que incorpora os dados fenomenológicos, possibilitando superar a descontinuidade entre o mental e o material. Significa enfrentar a circularidade de refletir sobre a experiência de conhecer, como salientam Maturana e Varela. Dito de outra forma reconhecer a possibilidade de eleger os dados fenomenológicos como objeto de estudo. Caberia então questionar a objetividade de uma investigação que tome como principal objeto esses dados fenomenológicos? Essa

⁹ NAGEL, T. What is it like to be a bat? *Philosophical Review*, 79, 394-403, 1970. Reprinted in N. Block (ed.) *Readings in philosophy of psychology* (Cambridge: Harvard University Press, 1980).

circularidade, usar o instrumento de análise para analisar a si próprio implica em perda de objetividade?

3.4.1 - Fenomenalidade, objetividade física e realismo

ROY et al (1999) vinculam tal questionamento ao pressuposto de uma realidade ontologicamente independente do observador e livre de qualquer perspectiva singular. A essa visão contrapõe outra, a de que “*o conhecimento físico lida apenas com fenômenos físicos*” (ROY et al, 1999: 16). Reconhecem que tal perspectiva de uma realidade ontologicamente independente do observador pode ser afirmada no domínio da mecânica clássica, em que o aspecto essencial do fenômeno físico é sua dimensão espaço-temporal, isto é, *o fato de que eles são perceptualmente dados ou medidos pelo sistema que os percebe* (ROY et al, 1999: 16).

Entretanto esses pesquisadores salientam que essa mesma perspectiva não se aplica ao domínio dos referenciais movendo-se em altas velocidades, próximas da velocidade limite da luz ou ao domínio do infinitamente pequeno, na estrutura da matéria. A teoria da relatividade, fundada na equivalência dos referenciais inerciais, afirma a dependência das medidas de tempo e espaço em relação ao observador. Dois observadores em movimento relativo descreverão um mesmo evento, afirmarão as mesmas leis fundamentais da Física, baseando-se em medidas de tempo e espaço diferentes. Espaço e tempo são relativos, de modo algum independentes do observador que mede, ainda que tal princípio só possa ser observado em referenciais se movendo a velocidades extremamente altas.

No domínio do infinitamente pequeno, isto é, no domínio da física quântica, Roy e colaboradores apresentam a hipótese defendida por Niels Bohr, segundo a qual a ontologia do objeto observado é definida pelo instrumento de medição. Procurando desenvolver um pouco mais essa idéia, lembramos a discussão sobre natureza da luz. Dependendo das condições da vizinhança, a luz é descrita por um observador como tendo propriedades ondulatórias. Muda-se a condição e o observador trata com evidências atestando que a luz agora apresenta propriedades que apenas se encaixam em um modelo no qual sua natureza é considerada corpuscular.

Com base nesses exemplos teórico-práticos vivos da Física contemporânea, Roy e colaboradores afirmam que

“(...) As teorias físicas somente podem ser sobre observáveis, não sobre entidades independentes. Esta estatura puramente relacional dos objetos físicos (resultando na integração das condições de observação do objeto ao objeto em si)

tem sido, com frequência, enfatizada (...) Epistemólogos da física quântica têm mesmo alcunhado o termo 'objetividade fraca' para designá-lo. De fato, o principal problema das teorias físicas é atingir a objetividade não obstante a inevitável interação dos objetos com os instrumentos de medida.” (ROY et al, 1999: 17)

Roy e colaboradores consideram uma grande realização das teorias físicas contemporâneas a solução do paradoxo de conciliar a natureza relacional do fenômeno com a necessidade de eliminar qualquer referência à natureza específica do observador.

“(…) Na mecânica clássica assim como na teoria da relatividade, a aplicação dessa estratégia consiste em eliminar os aspectos subjetivos de espaço e tempo (eliminando qualquer referência à estrutura interna do sistema perceptor) através de sua geometrização e da transformação de observadores em pontos de referência (...), portanto, reduzindo a objetividade a uma 'covariância', isto é, uma invariância com respeito às influências dos grupos de relatividade. A objetividade é transformada em uma forma de 'intersubjetividade' e perde qualquer dimensão não fenomenal. Esta definição implica que as entidades matemáticas usadas para descrever as físicas devem ter um significado geométrico intrínseco independente do sistema de referência.” (ROY et al, 1999:17)

Roy e colaboradores afirmam ainda que interpretação semelhante pode ser feita com base nas teorias da mecânica quântica.

“Da mesma forma, na mecânica quântica, constrangimentos sobre a 'observabilidade' (tal qual o princípio da incerteza de Heisenberg) são introduzidos sem que teoria quântica tenha feito referência à natureza específica dos instrumentos usados. Os axiomas da mecânica quântica sobre as amplitudes de probabilidade são uma expressão das várias formas com que os micro-objetos podem interagir com os diferentes tipos de instrumentos” (ROY et al, 1999:17)

Com base nessa argumentação referenciada nas teorias físicas contemporâneas esses autores questionam o pressuposto de uma realidade ontologicamente independente e a idéia de que para conhecer essa realidade devemos eliminar todos os aspectos inerentes ao modo pessoal de conhecer. Ou seja, tratar os dados fenomenológicos afasta-nos da objetividade e da possibilidade de conhecer a realidade tal qual ela é. O que as teorias físicas apontam é que a realidade acessível, o objeto das Ciências Físicas, é restrita fundamentalmente ao fenômeno

ou aos observáveis e, por isso, a objetividade é alcançada partindo do modo pessoal de conhecer, determinado por nossa estrutura, e validando-o no domínio da intersubjetividade.

Admitida a possibilidade de tratar os dados fenomenológicos sem que isso implique em perda de objetividade, Roy e colaboradores caracterizam esse empreendimento como o de buscar uma só ontologia para a cognição. Uma ontologia que integre corpo e mente, físico e mental, que reconheça a subjetividade, os conteúdos da consciência, a experiência do sujeito, os dados fenomenológicos como dimensões não desligadas do corpo, mas, antes e sobretudo, encarnadas (*embodied*). Tal empreendimento seria o de naturalizar a fenomenologia e é nesse contexto que estabelecemos, com a ajuda desses autores, um diálogo com a fenomenologia de Edmund Husserl.

3.5 - INTENCIONALIDADE E NOEMÁTICA

Segundo Roy e colaboradores, a intencionalidade expressa uma propriedade fundamental da consciência. Compreender a intencionalidade se inscreve em uma tarefa de elucidar a estrutura dos dados fenomenológicos. Salientam ainda que os elementos noéticos, que compreendemos como atos da consciência, estão no núcleo central da relação intencional, assim expressa por Dartigues:

“O princípio da intencionalidade é que a consciência é sempre ‘consciência de alguma coisa’, que ela é consciência estando dirigida a um objeto (sentido de ‘intentio’). Por sua vez, o objeto só pode ser definido em sua relação à consciência, ele é sempre ‘objeto para um sujeito’. Poderemos, pois, falar, seguindo Brentano, de uma existência intencional do objeto na consciência. Isto não quer dizer que o objeto está contido na consciência como que dentro de uma caixa, mas que só tem sentido de objeto para uma consciência, que sua essência é sempre o termo de visada, de significação que, sem essa visada, não se poderia falar de objeto, nem portanto de uma essência de objeto (...) As essências não têm existência alguma fora do ato de consciência que as visa e do modo sob o qual ela os apreende na intuição. Eis porque a fenomenologia, em vez de ser contemplação de um universo estático de essências eternas, vai se tornar análise do dinamismo do espírito que dá, aos objetos do mundo, seu sentido.”
(DARTIGUES, 1992: 181)

Dartigues propõe a questão sobre os objetos da percepção sensível, valendo-se do exemplo apresentado por Husserl, a apreciação de uma macieira no jardim:

“Para o senso comum, tal percepção consiste de início em colocar a existência da macieira no jardim, depois em colocar em relação a essa macieira real a consciência do sujeito pensante, o que produzirá na consciência uma macieira representada correspondente à macieira real. Conseqüência: haveria duas macieiras, uma no jardim, outra na consciência. Mas surge a dificuldade: como podem essas duas macieiras constituir apenas uma só? Será preciso, com Platão, imaginar uma terceira macieira que permita conceber a identidade das duas outras (...).”

(...) É assim que não atingimos a essência mesma da percepção. Se recorrermos, ao contrário, à análise intencional, não partiremos da macieira em si, da qual nada sabemos, nem da pretensa macieira representada, da qual não sabemos mais que da outra. Partiremos ‘das coisas mesmas’, isto é, da macieira enquanto percebida, do ato de percepção da macieira no jardim que é a vivência original a partir da qual chegamos a conceber uma macieira ou macieira representada. Se o objeto é sempre objeto-para-uma-consciência, ele não será jamais objeto em si, mas objeto percebido ou objeto pensado, rememorado, imaginado, etc. (...) consciência e objeto não são, com efeito, duas entidades separadas na natureza que se trataria, em seguida, de pôr em relação, mas consciência e objeto se definem respectivamente a partir dessa correlação que lhes é, de alguma maneira, co-original. Se a consciência é sempre ‘consciência de alguma coisa’ e se o objeto é sempre ‘objeto para a consciência’, é inconcebível que possamos sair dessa correlação, já que, fora dela, não haveria nem consciência nem objeto. Assim se encontra delimitado o campo de análise da fenomenologia: ela deve elucidar a essência dessa correlação na qual não somente aparece tal ou qual objeto, mas se estende o mundo inteiro. Como essa análise recobre toda a esfera dinâmica do espírito, do nous, Husserl batizará com o nome de noése a atividade da consciência e com o nome de nóema o objeto constituído por essa atividade, entendendo-se que se trata do mesmo campo de análise no qual a consciência aparece como se projetando para fora de si própria em direção ao seu objeto e o objeto como com se referindo sempre aos atos da consciência (...)”
(DARTIGUES, 1992: 19- 20)

Ao referir-se aos atos da consciência, Dartigues apresenta a imagem de uma consciência que se projeta para fora de si própria, para o objeto, e do objeto como referente, sempre, aos atos de consciência. Para Roy e colaboradores, o *nóema* expressa a atividade constitutiva da consciência na sua relação com o mundo e, ao mesmo tempo, é a estrutura intermediária necessária mediando a relação intencional entre um sujeito cognoscente, capaz de transcender a experiência vivida, recortando-a, refletindo sobre ela, comunicando-a a outros.

Compreendemos o *nóema* como um dado fenomenológico. O *nóema* é um construto da consciência. Expressa, a nosso ver, a idéia de que todo conhecer é produzir um mundo (MATURANA e VARELA, 1995). Significa a impossibilidade de acesso ao mundo tal qual ele é. Mas significa também a possibilidade de conhecer esse mundo de um modo pessoal. E operando sobre o *nóema*, transcendendo-o, construindo representações, comunicando-as, submetendo-o a diferentes interlocutores, construir uma certeza compartilhada. Nesse domínio, das trocas entre pessoas que se comunicam, realizar a objetividade. Admitir a necessidade de investigar essa atividade constitutiva da consciência, focalizar o *nóema*, significa incorporar os dados fenomenológicos à pesquisa cognitiva, significa tentar superar a descontinuidade entre o mental e o material. Seria a contribuição da fenomenologia para uma compreensão mais completa da cognição.

Roy e colaboradores salientam que a investigação dessas estruturas gerais da consciência pura é, naturalmente, suplementada de fenômenos mais específicos organizados em diferentes linhas como, por exemplo: percepção transcendente, consciência do tempo, consciência do corpo vivido e percepção do outro. Consideramos o desenvolvimento dessas temáticas um exemplo concreto do exercício de superar a descontinuidade, e considerar o *nóema*, os dados fenomenológicos. Vejamos alguns deles.

3.5.1 - Consciência do tempo

Segundo Roy e colaboradores, a análise fenomenológica do tempo é uma ilustração clara do projeto de Husserl. É um exemplo concreto do ‘colocar entre parênteses’ metodológico, da suspensão de qualquer crença a respeito de um tempo objetivo. Dessa forma, o tempo objetivo é reduzido à condição de fenômeno e, como tal, é constituído pela consciência pura com base em uma temporalidade específica, própria desse domínio de vivências puras. Entendemos consciência pura como essa consciência que é constitutiva do mundo e ao mesmo tempo constituída por ele. As vivências puras expressam essa história de reciprocidade consciência/mundo.

Segundo os autores, Husserl focaliza essa investigação do tempo na constituição do fenômeno de duração de um objeto, como um som estendido ou uma melodia. A constituição do fenômeno de duração não pode ser entendida se o tempo da consciência pura em si for interpretado como uma sucessão de eventos discretos. Os autores salientam aqui o que consideram uma famosa afirmação de Husserl: “(...) *toda experiência vivida pura é sempre uma retenção de uma passada e uma projeção (protention) a uma futura*” (p.34). Isso nos parece evidente nesse trecho de Husserl, quando ele discute o fenômeno de duração:

“(...) A vivência que, agora vivemos, torna-se objetual na reflexão imediata, e continua nela a expor-se o mesmo objeto: o mesmo som, que fora ainda há pouco um agora efetivo, sempre o mesmo, mas retrocedendo para o passado e constituindo nele o mesmo ponto objetivo do tempo. E se o som não cessa, mas dura e, enquanto dura, se expõe, quanto ao conteúdo, como o mesmo ou variando, porventura não pode apreender-se com evidência (dentro de certos limites) que ele dura ou varia? E, por seu turno, não se deve a isto que o ver vá além do puro ponto de agora, portanto, que consiga reter intencionalmente, no novo agora respectivo, o que já não existe agora, e que consiga estar certo de um trecho de passado no modo de dado evidente? E, novamente se distingue aqui, por um lado, o objetual respectivo, que é e era, que dura e varia e, por outro, o correspondente fenômeno de presente e passado, de duração e variação, que é respectivamente um agora e, no seu perfil (Abschattung), que ele contém, e, na permanente variação, que experimenta, traz ao fenômeno, à manifestação, o ser temporal. O [elemento] objetual não é nenhum pedaço ingrediente do fenômeno, na sua temporalidade tem algo que não se deixa encontrar no fenômeno e nele se dissolver e que, no entanto, se constitui no fenômeno. Expõe-se nele evidentemente dado como <<sendo>>.” (HUSSERL, 1986: p.97-98)

Não existiria, portanto, como também afirmam Roy e colaboradores, uma coisa tal como um presente instantâneo puro na temporalidade da consciência pura. Assim, essa estrutura temporal específica é também o que torna possível a própria constituição do fluxo das experiências vividas puras. Para designar essa atividade constitutiva por meio de retenções e projeções (*protentions*), Husserl introduziu o conceito de ‘intencionalidade longitudinal’, nomeando, por sua vez, a relação intencional com objetos transcendentais de intencionalidade transversal. Roy e colaboradores salientam que essa dimensão temporal sustenta-se,

primariamente, no fato de que as experiências puras são integradas a um fluxo contínuo singular.

A intencionalidade longitudinal expressa a relação constitutiva e recíproca entre objetos do mundo e consciência, no contínuo fluir da experiência. A intencionalidade transversal é aquela que se realiza quando o fluxo é interrompido, por exemplo, quando algo não esperado acontece. A intencionalidade transversal também se realiza quando recortamos a experiência, isolamos alguns de seus aspectos, buscando compreendê-la melhor, buscando aprofundar um certo domínio delimitado. A intencionalidade transversal constitui objetos que transcendem a experiência vivida, por isso, ditos objetos transcendentais. O que isso significa?

Através da intencionalidade transversal familiarizamos-nos diretamente com os objetos contingentes individuais dotados de propriedades sensíveis e inseparáveis de uma rede de relações causais com outros objetos do mesmo tipo. O principal aspecto desses objetos é que eles são apreendidos como entidades espaço-temporais. Para que o objeto seja apreendido é essencial que seja localizado no espaço e no tempo.

Esse atributo de espacialidade tem, segundo ROY et al (1990), uma implicação fundamental: não é possível capturar, ao mesmo tempo, todas as determinações do objeto percebido. Trata-se de um processo fragmentado através do qual o sujeito familiariza-se sucessivamente com as diferentes 'faces' de um objeto, uma após outra. Não é possível, portanto, apreender a totalidade de determinações do objeto a partir de um ato único de percepção. A apreensão do objeto faz-se em uma sequência de perspectivas. Qual é a consequência dessa apreensão sempre incompleta?

A significação do objeto físico é sempre algo mais do que o efetivamente percebido, pois o percebido é em si uma perspectiva momentânea do objeto. Para conferir-lhe uma totalidade de coisa percebida, o sujeito agrega algo ao perfil apreendido e, nesse sentido, transcende o objeto. Esta característica da intencionalidade transversal se articula com o caráter estrutural da cognição situada, que discutimos anteriormente. O caráter estrutural da cognição expressa uma estrutura que não está no objeto e nem no sujeito, mas em uma relação dinâmica que caracteriza a percepção como ato construtivo.

A diferenciação entre o tempo objetivo e o tempo enquanto experiência vivida pode contribuir para uma descrição de certas situações de um modo novo, que pode levar a uma melhor compreensão da cognição. O tempo objetivo é o tempo medido, delimitado e contado em intervalos regulares, expressando uma intencionalidade transversal, que secciona. O tempo

da consciência pura não admite a fragmentação, a descontinuidade, é o fluir contínuo, é a intencionalidade longitudinal.

Trabalhamos com a hipótese de que em nossa prática docente, nos atemos e atuamos, sobretudo, no domínio da explicação, do registro. Regidos por uma intencionalidade transversal, direcionamos o processo de compreensão para patamares cada vez mais elaborados e abstratos. Poucas vezes, se é que o fazemos, partimos desse domínio e invertemos o sentido da interação para a experiência de observação vivida pelos alunos. Esta se realiza no domínio de uma intencionalidade longitudinal, não completamente acessível, não completamente comunicável por eles, mas matéria fundamental na produção de conhecimentos comunicáveis. O complemento dessa hipótese é o de que focar a percepção é um caminho promissor para efetivar essa inversão. Em vez de passar rapidamente ao domínio do explicado, ater-se ao domínio do percebido. Navegar do objeto transcendido e comunicado para a experiência vivida da qual emergiu. O que percebeu, o que sentiu o nosso aluno? Empregar mais tempo nessas perguntas, indagar-se sobre os particulares do meio que ele integrou, sobre as diferenças que fizeram diferença para ele. Esses elementos são materiais fundamentais para as compreensões que o nosso aluno elabora, para os modelos que constrói e como os representa, para os enunciados que produz na explicação de um problema.

3.5.2 - Consciência do corpo vivido

O principal elemento dessa análise é o de descrever a constituição desse corpo e o papel chave desempenhado pelo corpo na constituição de outros objetos espaço-temporais. Tal foco é exemplificado pelo reconhecimento da importância geral do movimento na percepção, especialmente dos movimentos do corpo do sujeito que percebe.

“(...) Estes movimentos são fonte da ‘kinesthesia’, um tipo especial de dado hylético¹⁰, que são de acordo com Husserl um elemento básico na constituição tanto do corpo de quem percebe (perceiver) quanto dos objetos percebidos. Conseqüentemente, em sua análise, a consciência perceptiva de objetos externos não é separável da consciência do corpo como um elemento em movimento. Nesse sentido, a percepção não pode ser assimilada a uma forma de mera contemplação: ela é tanto encarnada como praticamente orientada.” (ROY et al, 1999:35)

¹⁰ hylé: matéria da sensação pura, considerada como puro dado, sem sentido intencional (Aurélio).

Essa discussão sobre percepção converge com aquela desenvolvida por CLANCEY (1996), com base em Dewey (1981)¹¹, Gibson (1979)¹² e outros autores. O conceito de oportunidade para a ação (*affordance*) parece-nos intimamente ligado a essa visão de uma percepção encarnada e praticamente orientada. Mas Roy e colaboradores chamam atenção para alguns detalhes da análise desenvolvida por Husserl. A consciência do corpo é uma forma não objetiva de consciência externa, uma vez que não apreendemos nosso corpo como uma realidade externa e objetiva, mas como algo, no qual estamos, somos e vivemos. Partes do corpo podem ser delimitadas e observadas, no domínio dos objetos naturais, mas não a totalidade do corpo.

Compreendemos, portanto, que a consciência do corpo vivido é mais do que o corpo enquanto uma entidade dotada de extensão no tempo. É o corpo, no qual encarna-se uma subjetividade. Percebemos, sentimos, julgamos, conhecemos com o corpo inteiro, não apenas com uma parte principal, o cérebro, por exemplo, onde residiria algo correspondente a uma mente cognitiva, conectada de forma sistêmica a mecanismos perceptivos.

A consciência do corpo é a consciência que se projeta para fora constituindo os fenômenos, protagonizando um processo em que a cognição é distribuída. A atividade constitutiva da consciência expressa a participação de um corpo inteiro, no sentido amplo, no qual estão encarnados as emoções, os valores, as expectativas, os interesses, as intenções, a história de transações do indivíduo e os múltiplos mecanismos de percepção e de integração dos estímulos selecionados do meio. Todo esse processo é regulado por uma intencionalidade longitudinal, orientada pelos objetivos de uma ação, caracterizada pela inteireza do vivido. Mas essa experiência é a base para uma intencionalidade transversal, que possibilita a esse ser comunicar-se e compartilhar suas vivências e elaborações.

3.5.3 - Alteridade e intersubjetividade

Mas essas proposições de Husserl, não implicariam em uma interpretação que conduziria ao solipsismo, onde existiria apenas o eu, indivíduo, e o mundo por ele criado? Segundo Roy e colaboradores, Husserl, para responder a essa questão, foi levado, inicialmente, a admitir a existência de outras consciências, e discutir a constituição da consciência do outro. Na constituição da consciência do outro, a consciência do corpo do outro desempenha um importante papel e, a partir dela, estabelecemos uma analogia com a

¹¹ Cf. nota 4, p.39.

¹² Cf. nota 3, p. 38.

consciência de nosso próprio corpo. Mesmo assim, o problema colocado por uma possível interpretação solipsista das elaborações de Husserl não é solucionado, pois reconhecer a existência da consciência do outro, resultaria em uma pluralidade de mundos constituídos por diferentes individualidades. Tal desdobramento contradiz nossa experiência imediata de um mundo comum. Os autores, então argumentam que

“(...) constituir um mundo comum, no sentido de um mundo que outra consciência possa reconhecer como seu próprio mundo constituído, é necessariamente co-constituir esse mundo. Em outras palavras, a noção de um mundo constituído comum leva diretamente à noção de um mundo constituído comumente, e portanto àquele de uma intersubjetividade constitutiva.” (ROY et al, 1999:36)

3.6 - SUPERAÇÃO DA DESCONTINUIDADE ENTRE O MENTAL E O MATERIAL

Submeter as formas não exatas da experiência vivida a processos dedutivos é deixar de tratar sua característica fundamental: a inteireza, a interconectividade dos elementos componentes da experiência. Nessa perspectiva do fluir contínuo, da inteireza, o mental e o material compõem e se constituem reciprocamente nas experiências vividas. Delas participam seres humanos interagindo com outros seres humanos e com objetos materiais e culturais. Nesse domínio, a cognição é distribuída. Uma mente encarnada, com história e subjetividade, está integrada a outras mentes, também encarnadas, e a outros objetos diversos, tangíveis e intangíveis, próprios de uma determinada comunidade, próprios da cultura, do meio social. No domínio de uma experiência primária, mente e matéria compõem o fenômeno. Uma abordagem descritiva procura abarcar a intencionalidade longitudinal, ou pelo menos reconhecê-la. Pela descrição, tenta apreender o fenômeno. Este é sempre recortado, apreendido de forma parcial. No entanto, aproximações cada vez maiores são sempre possíveis.

As Ciências Naturais, em especial a Física, são movidas por uma intencionalidade transversal, que segmenta a experiência primária, procura penetrá-la e compreendê-la com definições precisas de seus objetos componentes, com atribuição de relações causais necessárias, com a construção de um conhecimento estruturado e expresso em modelos. Uma intencionalidade transversal busca controlar a experiência, tornada objeto e apreendida no domínio espaço-temporal. Na produção desse conhecimento físico comparece uma intuição transcendente. Por ela, o objeto físico é constituído a partir de sua extensão e de sua duração.

Comparece também uma intuição eidética que concebe objetos, propriedades essenciais e relações necessárias entre objetos.

Há o domínio dos fenômenos cujos componentes encontram-se interligados em uma totalidade, vivida em sua inteireza pelo sujeito cognoscente, mas cuja inteireza vivida não pode ser completamente comunicada ou representada externamente. Sabemos mais do que podemos dizer, asseverou Polany. Com base em Husserl, e nas discussões de Roy e colaboradores, diríamos que vivemos mais do que podemos dizer. O que comunicamos de uma experiência primária é sempre menos do que foi vivido e mais do que foi apreendido. Pois o que apreendemos para comunicar está constrangido pelas dimensões espaço e tempo. Por isso, é sempre uma tomada em perspectiva, logo, fragmentada. Apesar disso, comunicamos uma experiência ‘inteira’. Ao que foi apreendido, de modo fragmentado, agregamos nosso modo de ver, de conceber, de dizer. Agregamos nossa história e subjetividade. Numa abordagem como essa, o mental e o material, antes posicionados em domínios ontológicos distintos são, agora, reagrupados no domínio ontológico do fenômeno de conhecer, do qual participam como componentes de uma experiência primária, na qual se constituem reciprocamente.

3.7 - DIREÇÕES PARA O OLHAR

A abordagem de Clancey levou-nos à posição de recolocar a discussão sobre o papel da percepção nos processos cognitivos, especificamente nas atividades de interpretação dos alunos. Como a percepção compõe uma experiência primária de interpretação, fundamento para elaborações conceituais mais complexas? Nessa experiência primária, ação, percepção e conceituação estão integradas, resultando em categorias perceptuais. Nessa perspectiva, perceber é mais que capturar estímulos do meio para um processamento exclusivamente interno.

Na percepção, a consciência do sujeito projeta-se para fora, acopla-se com as diferentes fontes do meio, materiais e humanas, formando uma unidade que, no domínio de uma experiência primária, integra o sujeito e a vizinhança com a qual interage. O conhecimento produzido nesse acoplamento não é completamente explicitável pelo sujeito. Nele comparecem, com peso, elementos tácitos, que expressam a história de transações do sujeito e compõem crenças, valores, formas de ver, as verdadeiras intenções que determinam as diferenças do meio que fazem a diferença para o sujeito. Essa experiência vivida não é

completamente comunicável por quem a vivencia e nem completamente acessível para quem a observa.

Não aprofundaremos a discussão do mecanismo da percepção. Queremos discutir a percepção do ponto de vista dos dados fenomenológicos. Fazemos uma tentativa de inferir sobre a fenomenalidade, sobre como é o modo de aparecer do fenômeno para o sujeito, que dele participa e é protagonista de sua constituição. O tipo de dado com o qual trabalhamos, a forma de analisá-lo, situa-se no domínio de um observador que focaliza as ações de alunos interpretando imagens e estruturas dinâmicas. Focaliza-as buscando uma alternativa à relação entre conduta observável e hipóteses sobre a cognição.

O esforço foi o de atuar no espaço da descontinuidade, o espaço ocupado pelos dados fenomenológicos. Discutimos a percepção a partir dos aspectos que lhe são imanentes. Temos como pressuposto que a percepção compõe uma experiência primária, imanentemente. Como realizar tal discussão, como desenvolver uma abordagem que reconheça os dados fenomenológicos, ainda que não os eleja como objeto de investigação direta?

Elegemos como referência a visão de um sistema cognitivo encarnado que, no domínio de uma experiência primária, na qual a percepção é um dos protagonistas, se acopla inteiro, projeta-se para fora, participando de uma cognição distribuída. Quais as características de uma experiência primária de interpretação e como ela se integra com elaborações conceituais de ordem mais alta? Ao realizar essas elaborações de ordem mais alta, o sujeito se distingue do meio, comunica suas vivências, seus conhecimentos, as coordenações que é capaz de estabelecer, através de representações. As categorias perceptuais serão um dos construtos utilizados para a aproximação da experiência primária de perceber objetos em movimento. O que é percebido? Como o percebido é visto pelo aprendiz? Ao respondermos a questões desse tipo, acreditamos estar inferindo o substrato sobre o qual o aprendiz opera para comunicar sua interpretação.

Interpretar é um processo que já se realiza no ato de ver, nas diferenças selecionadas, em uma reciprocidade permanente entre o aprendiz, com sua história e intenções, e o meio, com suas características e fontes diversas. Em nossa investigação, esse meio é a sala de aula, considerada como uma comunidade de prática, na qual se realiza uma prática social com características próprias. Aspectos dessa prática serão objeto de descrição, com base nos registros em áudio e em vídeo.

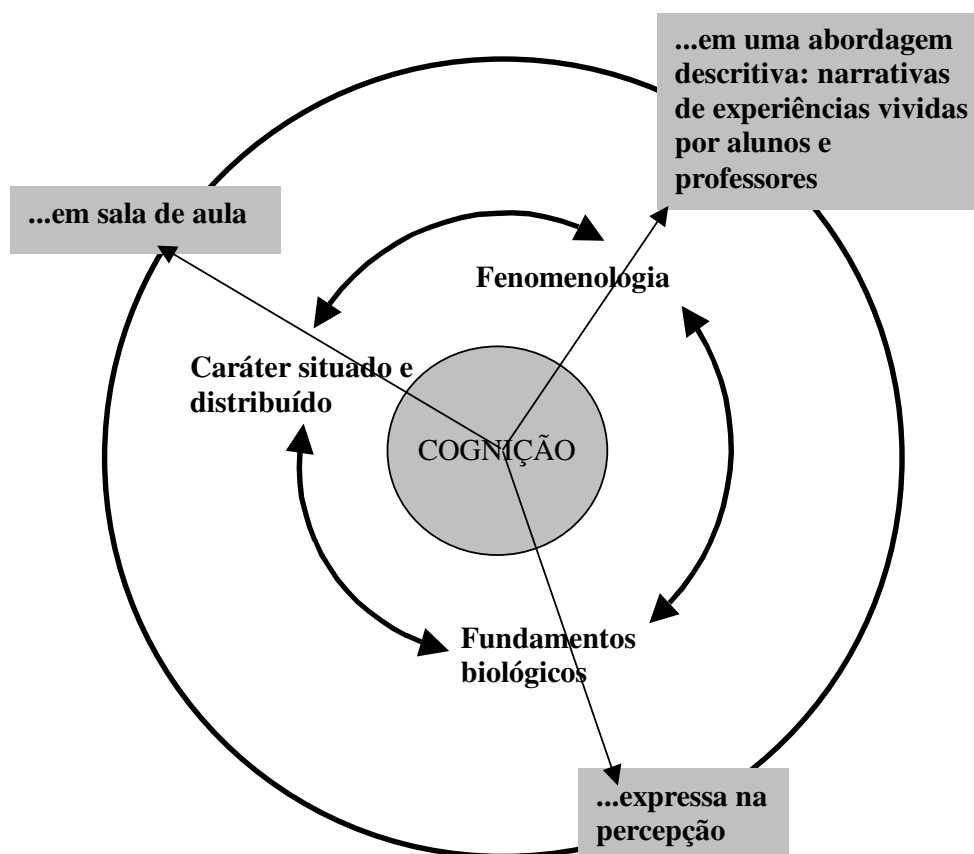


FIGURA 02 - PERSPECTIVAS SOBRE A COGNIÇÃO

Concluimos esse capítulo, salientando que o ponto de partida para discutir o papel da percepção foi a compreensão do caráter situado da cognição, pelas lentes de Clancey. A abordagem situada da cognição, na dimensão funcional e comportamental, conectou-se também com o nosso foco nos etnométodos de uma sala de aula. Essas duas vertentes articuladas, etnometodologia e cognição situada, se apresentaram como ramificações de um tronco comum, que tinha raízes na fenomenologia. Isto levou-nos ao diálogo que alguns estudiosos da ciência cognitiva estabeleceram com as elaborações de Husserl. Remeteu-nos aos fundamentos biológicos do conhecer, propostos por Maturana e Varela. Conduziu-nos também a leituras de trabalhos do próprio Husserl. As referências apresentadas nesse capítulo, que têm como base a visão da cognição como fenômeno, fundamentam-se nesse diálogo da cognição situada com a fenomenologia. São essas referências que dirigiram nosso olhar para o material empírico (fig. 2).

CAPÍTULO 4

DESENHO DA PESQUISA E LEVANTAMENTO DOS DADOS

Em experiências anteriores, conforme assinalado na introdução desta tese, encontramos indicadores de uma relação complementar entre atividades com o *Modellus* e experimentação. Considerando a especificidade e aplicabilidade desse *software*, decidimos investigar essa relação, focalizando as práticas de interpretação dos alunos e o contexto mais amplo da sala de aula, em ambientes de aprendizagem com distintas mediações. Articulamos, então, diferentes ambientes. Um deles com atividades experimentais envolvendo demonstrações e a ação direta dos alunos objetivou estabelecer condições para a construção e representação do modelo de um certo fenômeno. A experimentação cumpriu o papel de prover evidências cuja negociação com os alunos procurou dar significado a um certo modelo e sua representação.

Em outro momento, os alunos desenvolveram uma atividade com simulações de representações do modelo construído, animadas pelo *software*. Nessa atividade, foram propostas questões que suscitavam a interpretação da representação do modelo, na medida em que ele era paulatinamente construído, em uma sequência de telas. O programa *Modellus* foi utilizado para simular uma representação em movimento. Ele possibilita gerar e combinar na tela do computador, a partir de um modelo matemático, representações gráfica, estroboscópica e vetorial das variáveis relacionadas no modelo. Manipulando uma janela de controle, os alunos podiam parar a animação, avançá-la e retrocedê-la em passos de tempo diferenciados. Consideramos esse recurso uma característica importante do programa e procuramos explorá-lo ao inserir o seu uso numa sequência de ensino sobre movimento circular uniforme.

Outro ambiente pesquisado foi aquele em que os alunos realizaram exercícios com lápis e papel a respeito do tema estudado. Do ponto de vista da estruturação da sequência, consideramos que o elemento inovador foi a tentativa de explorar a possibilidade aberta pelo programa de manipular representações, em articulação com outras atividades normalmente desenvolvidas com os alunos. Antecipamos que outros aspectos relativos a conteúdo e forma das atividades não trazem novidades e refletem as condições de produção do trabalho em sala de aula, incluindo o saber fazer do professor, relator dessa pesquisa.

As telas e as orientações para sua interpretação foram produzidas com base no texto do livro didático adotado. Extraímos do livro as sugestões para as demonstrações e o experimento que envolveu o manuseio de um dispositivo utilizado pelos alunos para estudar o comportamento da força centrípeta. As atividades com experimentação foram orientadas por roteiro. Um desses roteiros, relativo à atividade prática com lançamento de projéteis foi produzido pela coordenação de laboratório da escola em que trabalha o relator da pesquisa e utilizado em todas as turmas de 1ª série dessa escola. O roteiro da atividade com força centrípeta foi adaptado pelo professor especialmente para a sequência sobre movimento circular uniforme, com a colaboração de alunos de prática de ensino de Física. Contém sugestões do livro didático e orientações propostas por dois professores de ensino médio¹³, que atuam em outras instituições. A estruturação da sequência e a inserção, de forma articulada, do *software* serão descritas com base em uma compreensão do que seja um modelo físico, que apresentamos a seguir.

4.1 - MODELO É CONHECIMENTO ESTRUTURADO

Adotamos, nessa investigação, a definição de modelo proposta por HESTENES (1996): modelos são unidades de conhecimento estruturado usadas para representar padrões observáveis em um fenômeno físico. Um modelo em Física é uma representação da estrutura e das propriedades de um sistema físico. O sistema pode consistir de um ou mais objetos materiais tangíveis, como coisas palpáveis do mundo físico, e intangíveis como partículas e campos. Diferentemente de uma teoria, que tem a marca da generalidade, um modelo refere-se a um sistema individual, ainda que esse sistema possa ser um exemplar de todo um conjunto de coisas similares.

Como representação da estrutura de um sistema físico, um modelo abarca quatro tipos de estrutura, cada uma delas com componentes internos e externos:

*“uma **estrutura sistêmica** que especifica:*

composição: partes internas do sistema;

vizinhança: agentes externos vinculados ao sistema;

conexões: vínculos causais internos e externos.

*uma **estrutura geométrica** que especifica:*

¹³ Simone de Paula Tomaz e Helder de Figueiredo e Paula

posição com relação a um sistema de referência: geometria externa;

configuração: relações geométricas entre as partes.

*uma **estrutura temporal** que especifica mudanças nas variáveis de estado ou propriedades do sistema:*

modelos descritivos representam mudanças através de funções explícitas de tempo;

modelos causais especificam mudanças através de equações diferenciais com leis de interação.

*uma **estrutura de interação** que especifica as leis de interação expressando interações a partir de vínculos causais, em geral como função de variáveis de estado.” (HESTENES, 1996:8)*

A apresentação e entendimento de um modelo dentro dessas especificações requerem a coordenação de formas diferenciadas de representação envolvendo diagramas, vetores e equações. No caso da atividade com simulações, as questões de interpretação das representações, disponibilizadas pelo *Modellus*, objetivaram levar os alunos a produzirem estruturas do tipo sistêmico, geométrico e temporal. Os alunos deveriam: identificar as partes internas do sistema e os vínculos causais internos e externos entre elas (estrutura sistêmica); interpretar diferentes posições do objeto representado, buscando uma descrição geométrica de consenso, dentro de um sistema de referência (estrutura geométrica); elaborar modelos descritivos identificando o que alterava e o que era invariante no tempo (estrutura temporal). As dimensões do modelo relativas às interações com a vizinhança e a aspectos causais, embora trabalhadas na sequência de ensino, não foram destacadas para análise.

Antecipamos que não podemos afirmar, a partir dos dados de que dispomos, o nível de compreensão e de estruturação do modelo. Interpretamos vários dos enunciados transcritos como sinais claros de compreensão e como evidências do envolvimento dos alunos com atividades de estruturação do modelo nas suas diferentes dimensões, o que tem nos parecido um campo fértil a ser explorado.

4.2 – A SEQÜÊNCIA SOBRE MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

Na atividade com experimentação, procuramos dar significado aos seguintes elementos de representação do modelo do movimento circular uniforme (mcu):

- o vetor velocidade do movimento circular é tangente em cada ponto da trajetória;

- uma força apontando para o centro da curva, perpendicular ao vetor velocidade, é a responsável por esse tipo de movimento, circular e uniforme.

Em um primeiro momento, dois experimentos propostos no livro didático¹⁴ (figs. 3 e 4) foram demonstrados. Na demonstração representada na figura 3, uma caneta foi acoplada ao

carrinho de modo a registrar sua trajetória antes e depois do corte do barbante. A figura 4 retrata uma lata com furos nas paredes. Dentro da lata é colocado um pano encharcado com água. A lata é posta a girar e discute-se a trajetória das gotas de água que saem pelos furos.

Essas duas demonstrações foram precedidas de debates, nos quais os alunos fizeram previsões sobre a trajetória das gotas, ao abandonarem a lata, e sobre a trajetória do carrinho, após o corte do barbante. Os alunos apresentaram diferentes argumentos e suas idéias foram representadas, através de desenhos, no quadro. Feitas as demonstrações e discutidas as previsões que se mostravam em acordo e desacordo com o observado, o modelo do movimento circular uniforme foi representado no quadro, em primeira aproximação, desenhando-se os vetores velocidade e força centrípeta ao longo da trajetória, e destacando-se o raio da mesma.

Em outro momento, os alunos desenvolveram uma atividade, orientada por roteiro, que apresentamos no quadro 2.

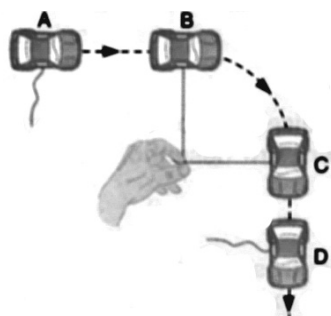


FIGURA 03 – VETOR VELOCIDADE TANGENTE À TRAJETÓRIA – DEMONSTRAÇÃO 1

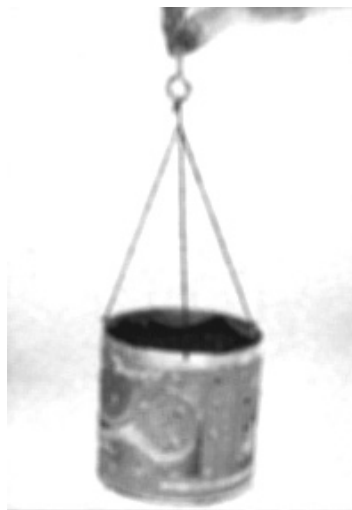
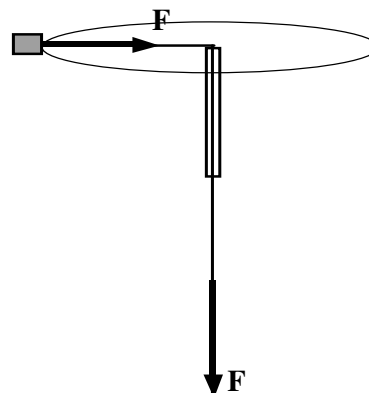


FIGURA 04 – VETOR VELOCIDADE TANGENTE À TRAJETÓRIA – DEMONSTRAÇÃO 2

¹⁴ ALVARENGA, B. e MÁXIMO, A. *Física: volume único*. São Paulo: Scipione, 1997.

Atividade Experimental : Força centrípeta

Vimos que para um corpo descrever um movimento circular, é necessário atuar sobre ele uma força resultante centrípeta. Tome um tubo de metal ou plástico com os bordos bem lisos. Passe através do tubo um fio de náilon prendendo em uma de suas extremidades um objeto de massa m (uma rolha de borracha, por exemplo). Segurando o tubo com uma de suas mãos e, com a outra, a extremidade livre do cordão, ponha o objeto em rotação em um plano horizontal, como mostra a figura ao lado. Verifique que para o objeto descrever um círculo de raio R , você deve exercer na extremidade livre do cordão uma força F . Esta força se transmite ao objeto, proporcionando a força resultante centrípeta que o faz descrever a trajetória circular.



Utilizando essa montagem tente responder as seguintes questões:

- 1) O que acontece com a força centrípeta, se você aumenta a velocidade de giro da rolha sem alterar o raio de sua trajetória?
- 2) Mantendo a força centrípeta constante, o que acontece ao raio da trajetória se você aumentar a velocidade?

Dica para manter a força centrípeta constante:

substitua o esforço realizado por sua mão pendurando uma massa de 100 g na extremidade livre do fio de náilon. Atuará sobre a rolha de borracha uma força constante equivalente ao peso da massa de 100 g.

- 3) Retome a situação inicial da montagem, com você fazendo a força centrípeta. Coloque a rolha para girar em um raio de aproximadamente 20 cm. O que ocorre com a força centrípeta se você substituir a rolha por um objeto de maior massa sem alterar o raio da trajetória e a velocidade do objeto que gira?

Dica para aumentar a massa:

coloque um parafuso ou um objeto de metal na extremidade aberta da rolha.

Ao responder as questões acima, esperamos que você tenha percebido que:

A **velocidade** do objeto, que gira, o **raio** da trajetória e o valor da **força centrípeta** estão todos relacionados entre si;

- 4) Complete os enunciados abaixo, referentes ao movimento circular uniforme de um objeto de massa constante:

QUADRO 02. ROTEIRO DA ATIVIDADE 'EXPERIMENTO COM FORÇA CENTRÍPETA

- a) Para uma trajetória circular de mesmo raio, quanto maior a velocidade de giro,

_____ a força resultante centrípeta que atua no objeto. Quanto _____ a velocidade de giro, menor a força resultante centrípeta.

b) Se a força centrípeta for mantida constante, um aumento na velocidade implicará em um _____ no raio da trajetória. Uma _____ é acompanhada por uma redução no valor da trajetória.

c) Se o objeto é substituído por outro de maior massa, girando com a mesma velocidade e numa trajetória circular de mesmo raio, a força centrípeta que atua nesse móvel de maior massa será _____. Uma diminuição na massa, sem alterar o raio e a velocidade de giro, implica em uma _____ da força centrípeta.

Mais um desafio:

5) Dois automóveis idênticos entram com velocidades iguais em curvas de raios diferentes. O automóvel 1 faz uma curva mais aberta de maior raio. O automóvel dois faz uma curva mais fechada de menor raio.

a) Sobre qual deles o solo exerce uma força centrípeta maior?

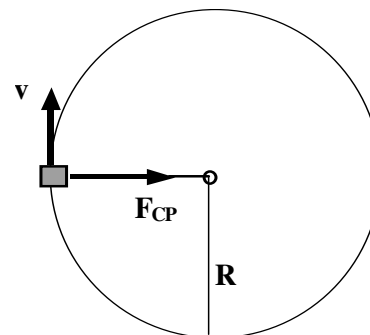
b) Essa força exercida pelo solo é de que tipo?

c) Que fatores devem ser considerados para determinar se um automóvel será capaz de fazer uma determinada curva?

Tudo o que foi trabalhado até aqui pode ser assim resumido :

Para um objeto de massa **m**, em movimento circular uniforme, a força centrípeta **F_{cp}**, que atua sobre ele, sua velocidade **v** e o raio **R** da sua trajetória estão

relacionados pela seguinte equação: $F_{cp} = \frac{m \cdot v^2}{R}$



6) Uma força resultante centrípeta produz apenas mudança na direção da velocidade de um móvel. Esta afirmação é verdadeira ou falsa? Justifique.

7) Uma força resultante centrípeta no movimento circular uniforme:

- aponta sempre para o centro da trajetória;
- é sempre perpendicular ao vetor velocidade;

- tem intensidade constante, calculada pela equação : $F_{cp} = \frac{m \cdot v^2}{R}$

Lembrando-se da segunda lei de Newton:

a) Qual deve ser a direção e sentido da aceleração centrípeta?

b) Qual a equação que permite calcular a aceleração centrípeta?

QUADRO 02 – ROTEIRO DA ATIVIDADE ‘EXPERIMENTO COM FORÇA CENTRÍPETA’ (CONT.)

O objetivo desse conjunto de atividades envolvendo experimentos foi dirigir a atenção dos alunos para algumas evidências e, a partir delas, construir a representação do modelo, dando significado a suas diferentes partes e relações entre elas.

O objetivo da atividade com simulações foi o de acrescentar elementos e avançar na compreensão da representação do modelo do movimento circular uniforme. Os alunos interpretaram um conjunto de sete telas que compuseram, paulatinamente, essa representação. As figuras 5 a 11 mostram, em sequência, as telas trabalhadas pelos alunos.

Conjunto de telas do *Modellus* sobre mcu



FIGURA 05 – PERÍODO E FREQUÊNCIA DE UM MOVIMENTO CIRCULAR

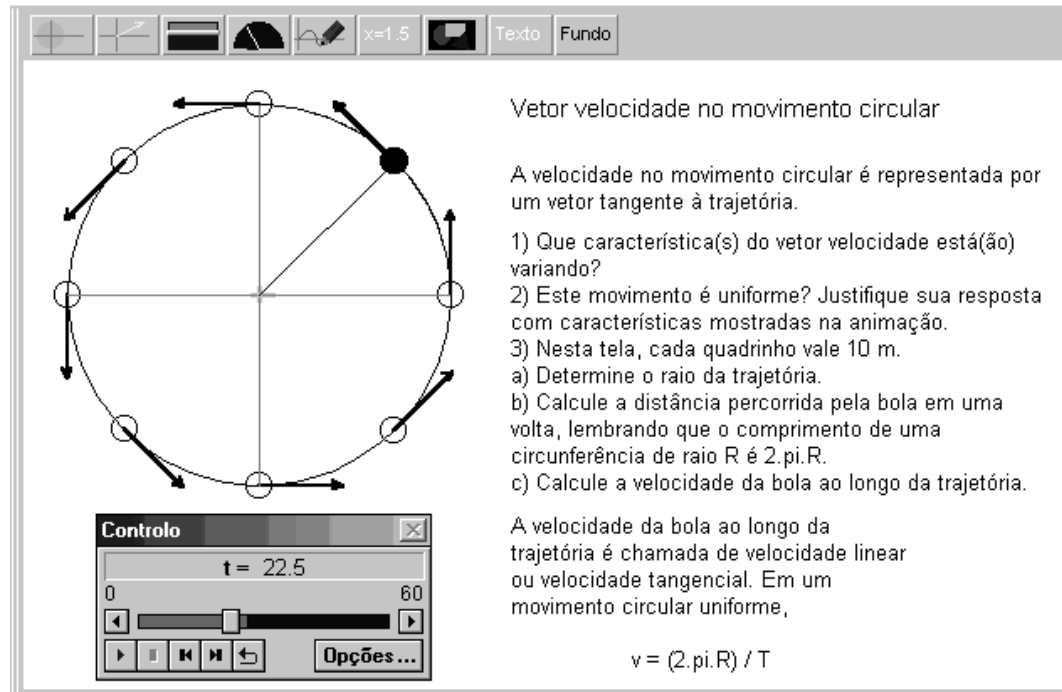


FIGURA 06 – VETOR VELOCIDADE NO MOVIMENTO CIRCULAR

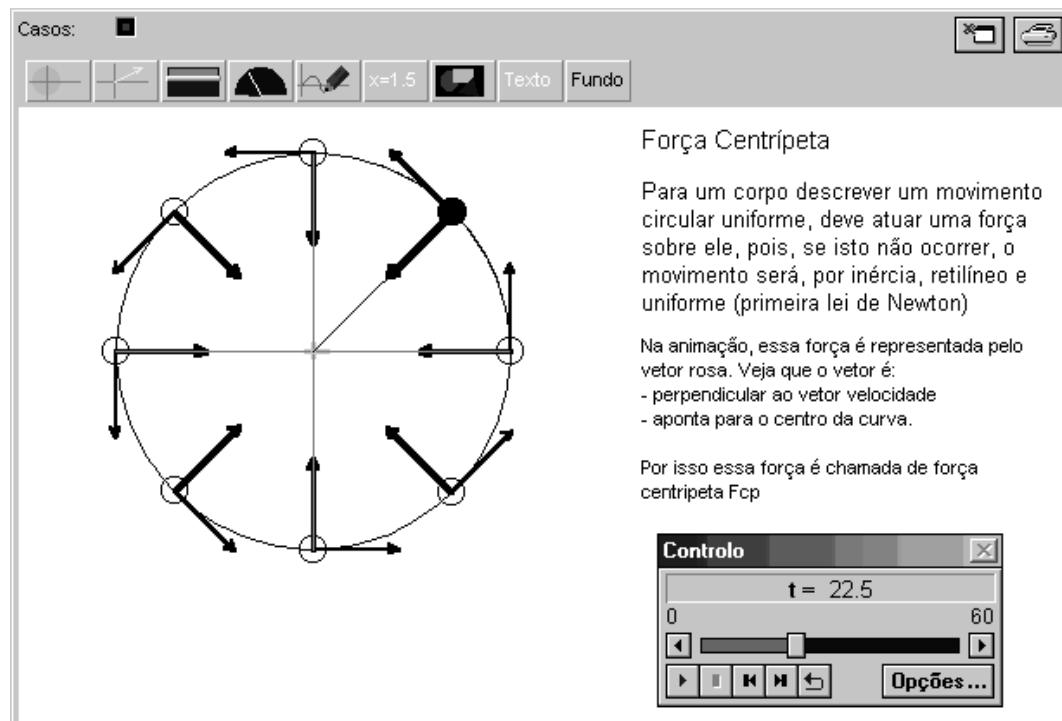


FIGURA 07 – FORÇA CENTRÍPETA

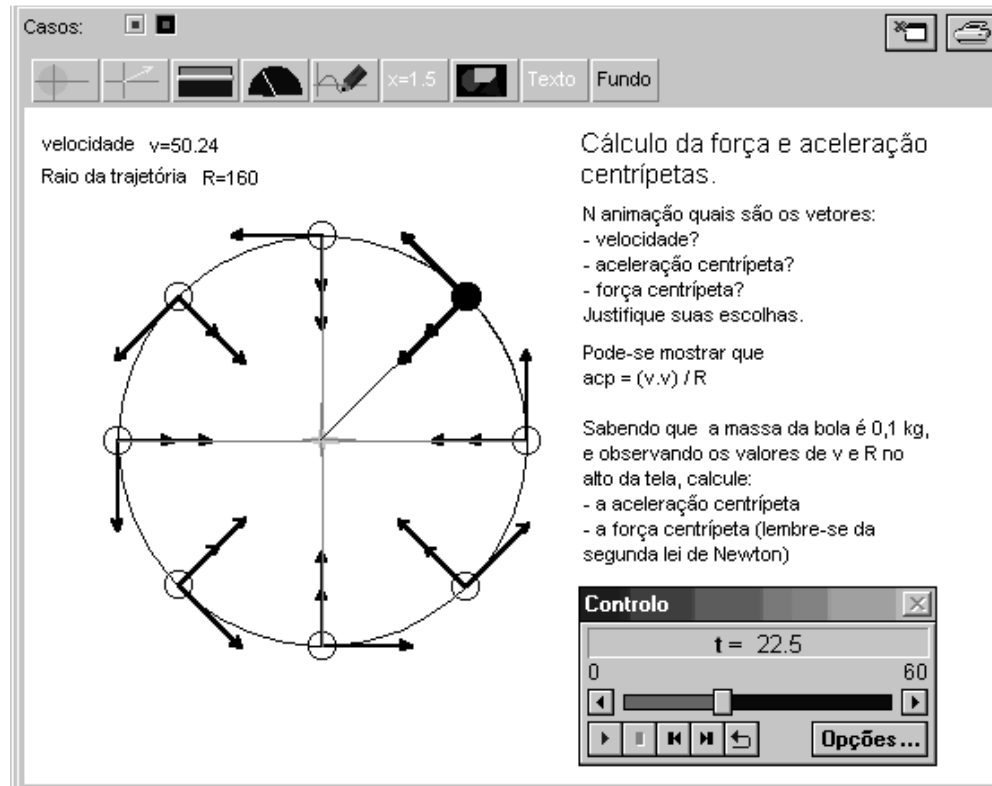


FIGURA 08 – FORÇA E ACELERAÇÃO CENTRÍPETAS

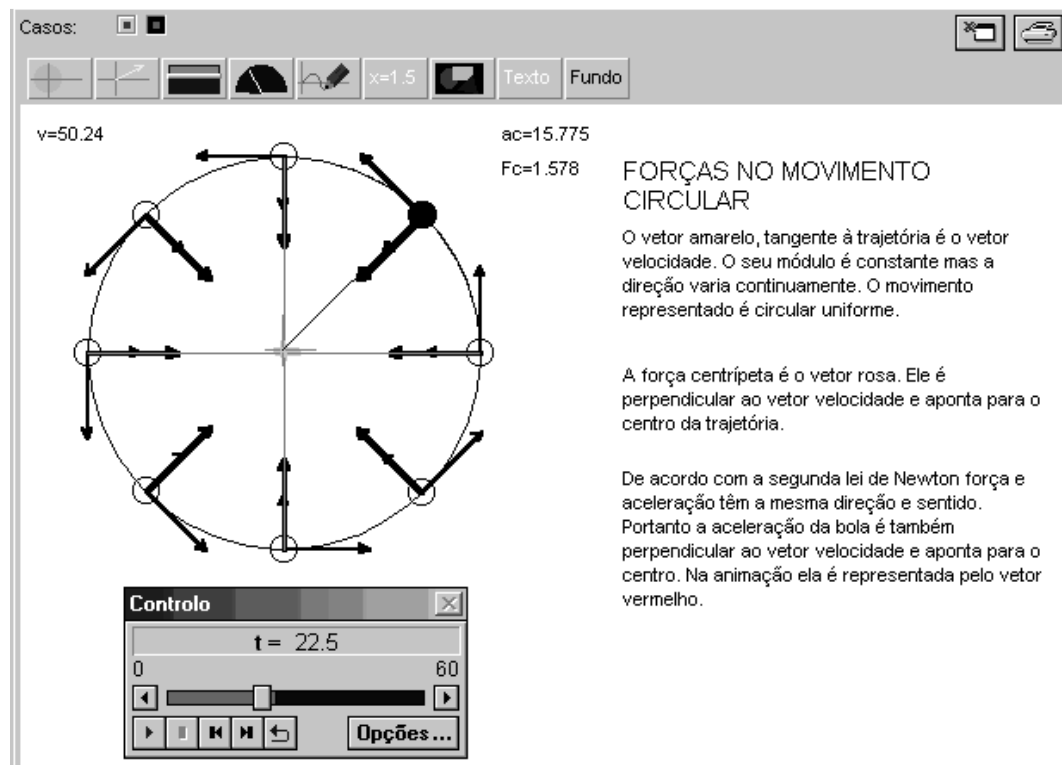


FIGURA 09 – VETORES VELOCIDADE, FORÇA CENTRÍPETA E ACELERAÇÃO CENTRÍPETA

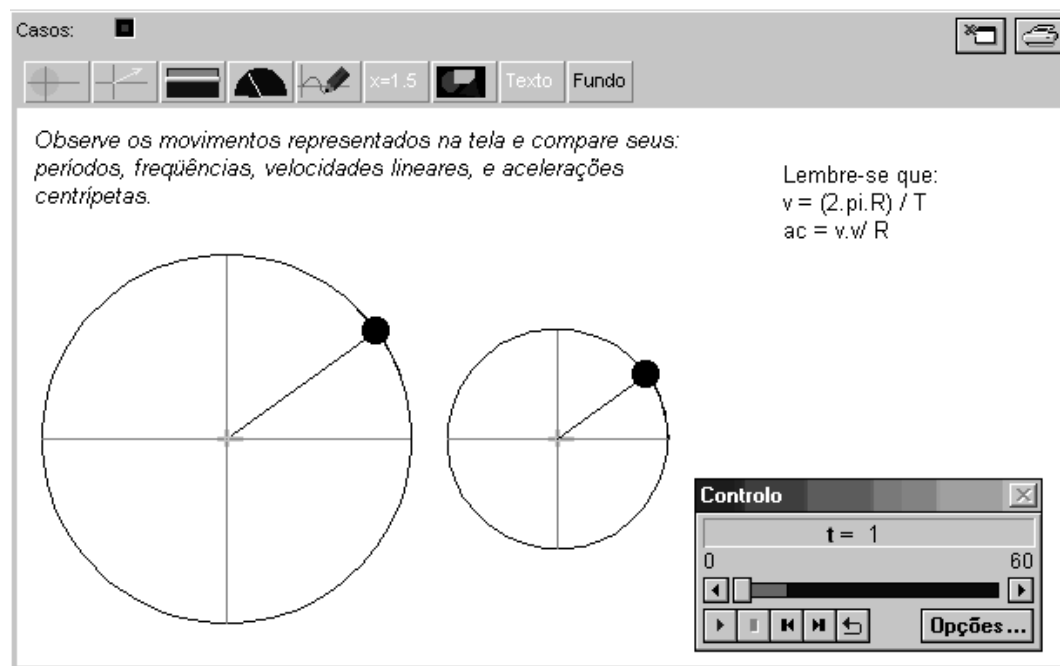


FIGURA 10 – COMPARAÇÃO DE MOVIMENTOS 1

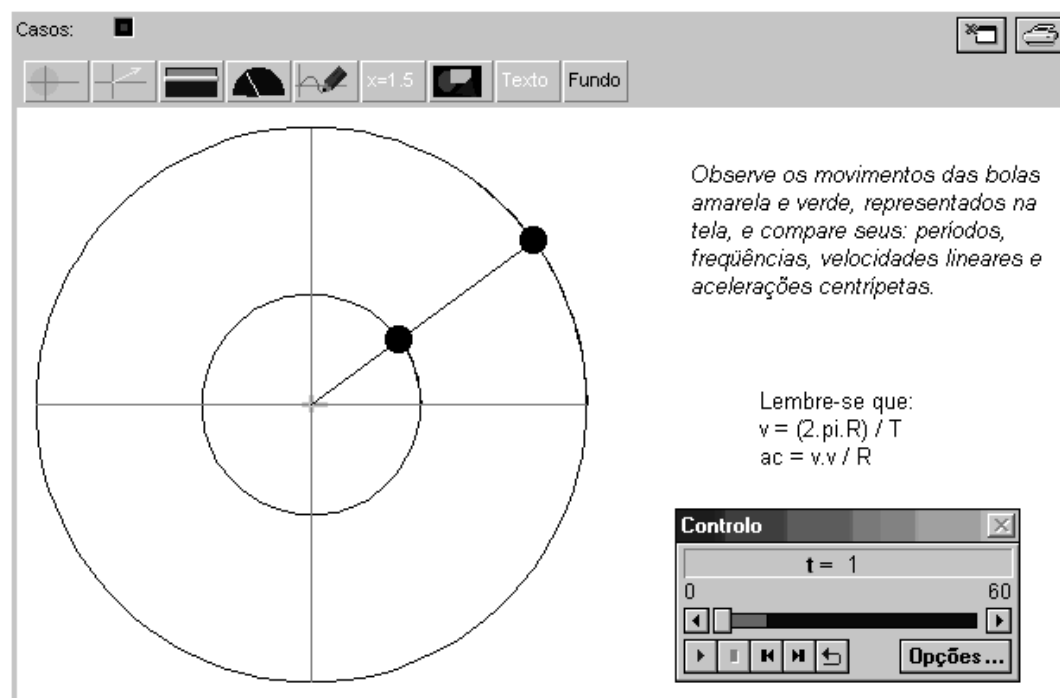


FIGURA 11 – COMPARAÇÃO DE MOVIMENTOS 2

Os alunos resolveram, ainda, exercícios do livro, dentro da sequência de ensino sobre mcu. Os exercícios realizados pelas turmas de 2000 e 2001 são apresentados nos quadros 3, 4 e 5.

“2. Um carro encontra-se em movimento circular uniforme, na pista horizontal mostrada na figura 4.12. O sentido do movimento é de A para B”.

- a) Reproduza a figura em seu caderno e desenhe o vetor velocidade do carro em cada uma das posições A, B, C, D e E mostradas.
- b) O módulo do vetor velocidade varia de uma posição para outra?

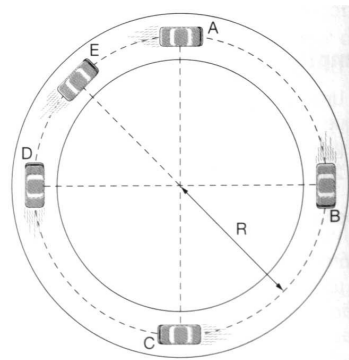


Figura 4.12

- c) A direção do vetor velocidade varia de uma posição para outra?
- d) Desenhe, na sua reprodução da figura, o vetor aceleração centrípeta a_{cp} do automóvel em cada uma das posições A, B, C, D e E indicadas.

3. Suponha que a pista do exercício anterior tenha um raio $R = 100m$ e que o carro efetue duas voltas por minuto.

- a) Qual é, em segundos, o período do carro?
- b) Qual é a distância que o carro percorre em cada volta (considere a seguinte aproximação: $\pi = 3$)
- c) Qual é a velocidade do carro?
- d) Calcule o módulo da aceleração centrípeta do automóvel nesse movimento.
- e) Sabendo-se que a massa do automóvel é $m = 800Kg$, determine o valor da força centrípeta que atua sobre ele.

7) O esquema de uma secadora de roupa em uso é apresentado em um livro de Física, que mostra as trajetórias das gotas de água que saem da roupa (figura 4.14). Há um erro nesta apresentação. Qual é este erro?

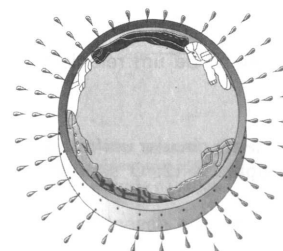


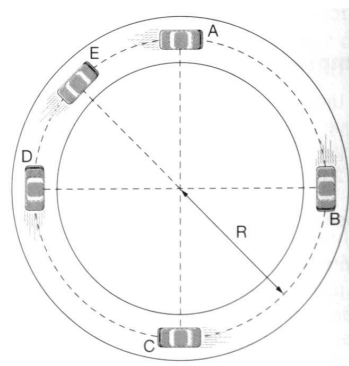
Figura 4.14

QUADRO 03 - EXERCÍCIOS DO LIVRO DIDÁTICO¹⁵ SOBRE MCU (TURMA DE 2000)

¹⁵ ALVARENGA, B. e MÁXIMO, A. *Física: volume único*. São Paulo: Scipione, 1997. p.129-130.

Na turma de 2000, com três aulas semanais (2 + 1), os exercícios foram realizados entre as atividades com simulações e com experimentos, conforme previa o desenho da pesquisa. Devido à estruturação dos conteúdos no livro – cinemática e dinâmica do movimento circular desenvolvidas de forma conjunta - foi possível realizar a sequência em cinco aulas consecutivas (2 + 1 + 2). Na turma de 2001, com quatro aulas semanais (2 + 2), registramos em áudio e vídeo, duas atividades envolvendo resolução de exercícios. Uma delas, relativa à cinemática do movimento circular (quadro 4), precedeu, em várias semanas, as atividades com experimentos e com simulações. Fez parte da unidade sobre cinemática vetorial.

“17. Um carro encontra-se em movimento circular uniforme, na pista horizontal mostrada na figura deste exercício. O sentido do movimento é de A para B”.



Exercício 17

- Reproduza a figura em seu caderno e desenhe o vetor velocidade do carro em cada uma das posições A, B, C, D e E mostradas.
- O módulo do vetor velocidade varia de uma posição para outra?
- A direção do vetor velocidade varia de uma posição para outra?
- Desenhe, na sua reprodução da figura, o vetor aceleração centrípeta a_{cp} do automóvel em cada uma das posições A, B, C, D e E indicadas.

18. Suponha que a pista do exercício anterior tenha um raio $R = 100\text{m}$ e que o carro efetue duas voltas por minuto.

- Qual é, em segundos, o período do carro?
- Qual é a distância que o carro percorre em cada volta (considere a seguinte aproximação: $\pi = 3$)
- Qual é a velocidade do carro?
- Calcule o módulo da aceleração centrípeta do automóvel nesse movimento.
- Sabendo-se que a massa do automóvel é $m = 800\text{Kg}$, determine o valor da força centrípeta que atua sobre ele.

QUADRO 04 - EXERCÍCIOS SOBRE CINEMÁTICA DO MCU (TURMA DE 2001)¹⁶

¹⁶ ALVARENGA, B. e MÁXIMO, A. *Curso de Física*. São Paulo: Scipione, 2000. v.1, p.98-99.

19. Para o movimento considerado no exercício anterior, determine:

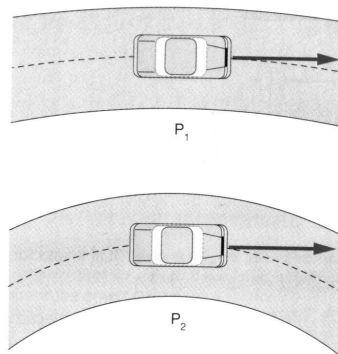
- a) O valor do ângulo (em graus e em radianos) descrito pelo carro durante um período.
- b) A velocidade angular do carro (em rad/s e em graus/s).

20.

- a) Como se define a velocidade angular de um corpo, em movimento circular uniforme, que descreve um ângulo $\Delta\theta$ durante um tempo Δt ? Usando essa expressão, calcule a velocidade angular de um corpo para o qual $\Delta\theta = \frac{\pi}{2}$ rad e $\Delta t = 0,50$ s.
- b) Qual é a equação que relaciona ω e T ? Use esta equação para calcular o período do movimento do corpo citado em (a).
- c) Calcule a frequência desse corpo.
- d) Suponha que a trajetória do corpo citado em (a) tenha um raio $R = 10$ cm. Use a relação entre v , ω e R para calcular a velocidade linear deste corpo.
- e) Você poderia usar a expressão pedida em (d) com o valor de ω em graus/s?

21. Dois carros se deslocam com a mesma velocidade nas pistas P_1 e P_2 , mostradas na figura deste exercício.

- a) Qual das duas pistas tem maior raio?
- b) Para qual dos dois carros a aceleração centrípeta é maior?



Exercício 21

O outro conjunto de exercícios, com lápis e papel, foi posterior e envolveu dinâmica do movimento circular (quadro 5). A realização dessa segunda lista de exercícios ocorreu após a atividade com simulações sobre mcu (telas mostradas nas figs. 5 a 11) e o experimento com força centrípeta, conforme roteiro já apresentado.

29. Um corpo de massa $m = 1,5\text{Kg}$ está descrevendo uma trajetória circular de raio $R = 2,0\text{m}$, com movimento uniforme $v = 4,0\text{m/s}$.

- Para o corpo descrever este movimento, é necessário que haja uma força atuando sobre ele? Como se denomina essa força?
- Se a força **F_c** deixasse de atuar sobre o corpo, que tipo de movimento ele passaria a ter?

30.

- Na fig.5.21a, qual das forças mostradas faz com que a velocidade do corpo mude constantemente de direção?
- Então, qual dessas forças produz, no corpo, a aceleração centrípeta **a_c**?
- Supondo que a massa do corpo seja $m = 200\text{g}$, sua velocidade $v = 3,0\text{m/s}$ e que o raio da trajetória seja $R = 50\text{cm}$, calcule o valor da tensão **T** do barbante (atenção para as unidades)

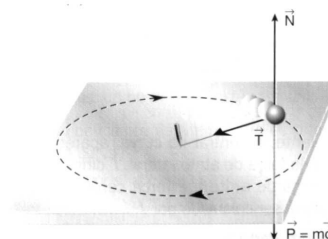


Figura 5.21a – Para o movimento mostrado na figura, a força centrípeta é proporcionada pela tensão no barbante. Se o barbante arrebentar, a força centrípeta deixa de existir e o corpo, por inércia, passa a se deslocar em linha reta.

31. Suponha que, para descrever a curva mostrada na fig.5.23, fosse necessário atuar sobre o carro uma força centrípeta (fornecida pelo atrito) de 400Kgf . Determine o valor da força centrípeta que deveria atuar sobre o carro, para ele conseguir fazer a curva se:

- A massa do carro fosse duas vezes maior.
- A velocidade do carro fosse duas vezes maior.
- O raio da curva fosse duas vezes maior.

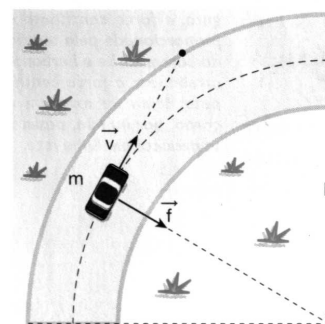


Figura 5.23 – Para um carro que descreve uma curva, a força centrípeta é proporcionada pelo atrito entre os pneus e o solo

QUADRO 05 - EXERCÍCIOS SOBRE DINÂMICA DO MCU (TURMA DE 2001)¹⁷

¹⁷ MÁXIMO, A. e ALVARENGA, B. *Curso de Física*. São Paulo: Scipione, 2000. v.1, p.183.

32. Considere o 'globo da morte' mostrado na fig.5.24. Seja $R = 2,0\text{m}$ o seu raio, $m = 150\text{Kg}$ a massa do conjunto motocicleta+motociclista e $v = 6,0\text{m/s}$ a velocidade da motocicleta ao passar pelo ponto A (tome $g = 10\text{m/s}^2$).

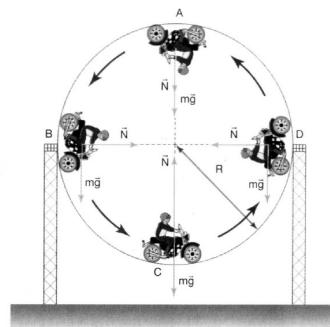


Figura 5.24 – Forças que atuam sobre uma motocicleta ao percorrer o globo da morte

Neste ponto:

- Qual é o valor da força centrípeta que atua no conjunto motocicleta+motociclista?
- Qual o valor da reação normal do globo sobre o conjunto?

33. Suponha que o movimento da motocicleta do exercício anterior seja circular uniforme.

Ao passar pelo ponto B:

- Qual o valor da força centrípeta que atua no conjunto?
- Qual o valor da reação normal exercida pelo globo?

QUADRO 05 - EXERCÍCIOS SOBRE DINÂMICA DO MCU (TURMA DE 2001) (CONT.)

Ainda dentro da unidade de cinemática vetorial, após a realização dos exercícios sobre mcu, os alunos participaram de uma atividade com simulações sobre composição de velocidades, articulada a um experimento de lançamento horizontal de projéteis. A dinâmica relativa ao tema 'composição de velocidades' foi a prevista no desenho da pesquisa. Enquanto uma subturma trabalhava no laboratório de informática, a outra realizava o experimento. Nas duas aulas seguintes, a situação era invertida.

4.3 - A SEQÜÊNCIA SOBRE COMPOSIÇÃO DE VELOCIDADES

O desenvolvimento dessa seqüência, com registro em áudio e vídeo, visou aumentar o repertório de horas de gravação. Antes das atividades com simulações e experimentos, discutimos em sala a seguinte questão: Que fatores são importantes para se determinar o tempo que um barco leva para atravessar um rio? Procurando estabelecer um diálogo com a turma, em torno dessa questão, tínhamos o objetivo de destacar a composição vetorial das velocidades do barco e a independência de movimentos perpendiculares entre si. Uma vez

destacados esses aspectos, alguns exercícios foram resolvidos em sala. Solicitamos a leitura de uma seção do livro, que sistematizava essas idéias, como atividade extraclasse. A discussão sobre o tempo de travessia de um rio, combinada com a atividade extraclasse, deveria preparar o desenvolvimento das quatro aulas seguintes, nas quais as subturmas realizariam, de forma alternada, a atividade com simulações sobre composição de velocidades e um experimento sobre lançamento de projéteis, detalhados no quadro 6.

Cinemática: Lançamento Horizontal de Projéteis - Composição de Velocidades

INTRODUÇÃO

Nesta experiência, o aluno aplicará seus conhecimentos sobre lançamento horizontal de um projétil e composição de velocidades. Veja este assunto no livro Curso de Física, vol.1.

Objetivos

Ao final desta aula o aluno deverá ser capaz de

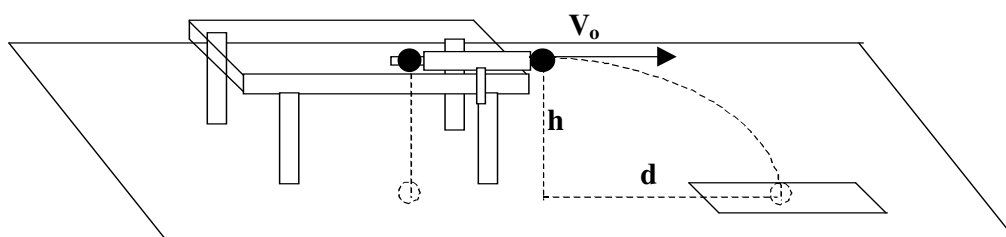
1. Comprovar a independência de movimentos perpendiculares entre si.
2. Determinar o alcance de um projétil em lançamento horizontal.
3. Determinar o tempo de queda em um lançamento horizontal.

MATERIAL

1 lançador de projéteis
1 garra de mesa
2 bolas (projéteis)
1 folha de papel ofício

1 cronômetro
1 régua milimetrada
1 folha de papel carbono
fita crepe ou durex

MONTAGEM



Para lançar as bolas, o lançador deve ter sua mola (haste) comprimida por uma distância determinada, por exemplo, 1,0cm, 2,0cm ou 3,0cm. Deve-se travar a haste apertando o parafuso. As bolas devem ser colocadas nas extremidades, sendo em seguida desapertado o parafuso. Desta maneira, a haste será liberada e lançará uma das bolas na direção apontada pela haste e, simultaneamente, abandonará a outra bola, que cairá na vertical

QUADRO 06 – ROTEIRO DO EXPERIMENTO ‘LANÇAMENTO HORIZONTAL DE PROJÉTEIS’

PROCEDIMENTO

1. Monte o lançador na beirada da mesa de tal modo que este fique na horizontal e que ambas as bolas (a que será lançada horizontalmente e a que cairá verticalmente) possam cair livremente no solo.
2. Faça alguns testes lançando as bolas com a mola do lançador submetida a diferentes compressões, por exemplo, 0,5cm, 1,0cm, 1,5cm, 2,0cm, 2,5cm e 3,0cm. Observe em cada caso a relação entre os tempos de queda e o alcance de cada uma delas.
3. Escolha um valor de compressão da mola, por exemplo, 2,0cm. Verifique onde a bola, lançada horizontalmente, irá cair. Marque sua posição de impacto colocando nesse ponto uma folha de papel ofício e sobre ela uma folha de papel carbono, presas ao chão por meio de fita crepe ou durex, para marcar e posteriormente medir o alcance da bola.
4. Comprima a mola do lançador até a posição escolhida pelo grupo no item anterior. Coloque uma bola na extremidade da haste e destrave-a. A bola será lançada sobre a folha de papel carbono e marcará sua posição de impacto com o chão. Meça também o tempo de queda disparando e travando o cronômetro nos instantes de partida e toque da bola no chão. Repita o processo algumas vezes (5) para tirar o melhor valor do tempo e do alcance (registre-o nas tabelas). O alcance será obtido, medindo-se as distâncias das marcas sobre o papel carbono e a linha vermelha a partir do ponto em que a bola abandona o lançador (para saber qual é esse ponto, você pode deixar cair uma bola a partir da ponta do lançador e marcar seu ponto de impacto com o chão).

Tabelas

Tempo (s)					
Alcance (m)					
Altura (m)					
Tempo médio (s)					
Alcance médio (m)					

**QUADRO 06 – ROTEIRO DO EXPERIMENTO ‘LANÇAMENTO HORIZONTAL DE PROJÉTEIS’
(CONT.)**

5. Calcule o tempo de queda da bola utilizando a relação $h = \frac{g \cdot t^2}{2}$ (lembre-se: a velocidade inicial da bola na vertical é nula e o valor de g pode ser arredondado para 10 m/s^2 , pois as dúvidas nas medidas superam o erro de arredondamento).
6. Compare o tempo calculado com o tempo medido? O que você observa?
7. Calcule a velocidade de lançamento do projétil utilizando a relação $d = vt$ (na horizontal, a velocidade é constante). Esta velocidade terá sempre o mesmo módulo quando a deformação do mola do lançador não mudar.

CONCLUSÕES

1. Comparando os tempos de queda das duas bolas no lançamento horizontal, você pode concluir que eles dependem da velocidade de lançamento? Dependem da altura de lançamento? Há diferença entre os tempos de queda das duas bolas?
2. Baseando-se em suas observações, o que é necessário para se determinar o tempo de queda de um corpo em um lançamento horizontal?
3. Qual o procedimento necessário para se determinar o alcance de um projétil em um lançamento horizontal?

**QUADRO 06 – ROTEIRO DO EXPERIMENTO ‘LANÇAMENTO HORIZONTAL DE PROJÉTEIS’
(CONT.)**

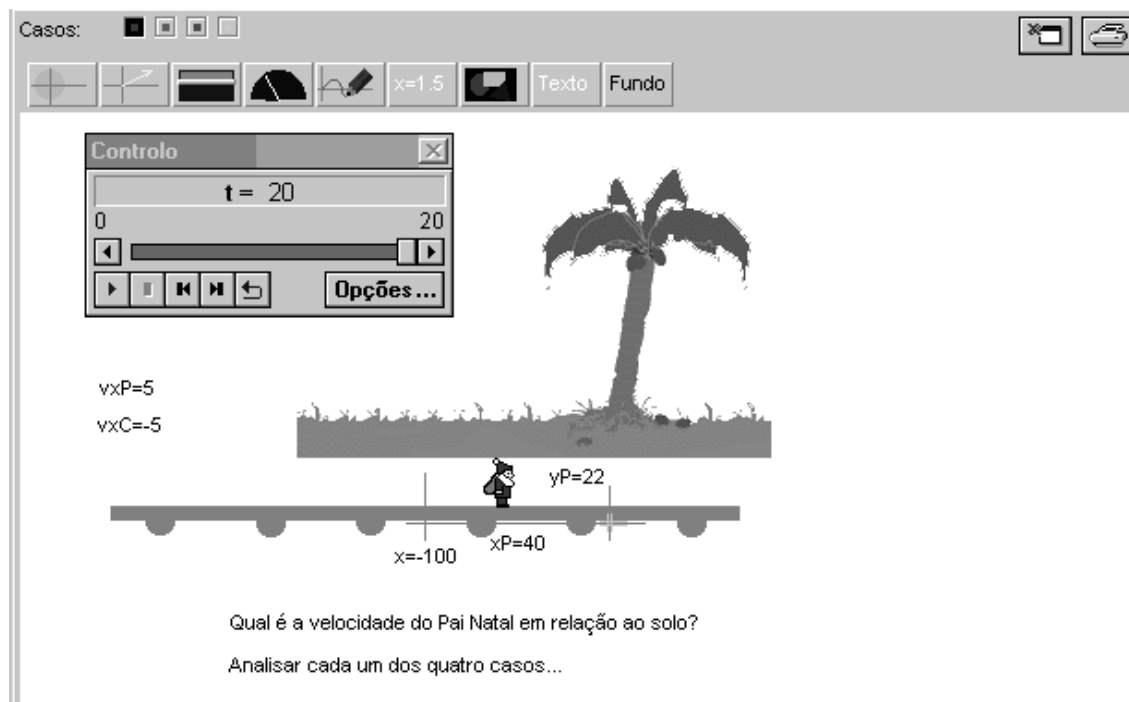


FIGURA 14 – MOVIMENTOS NA MESMA DIREÇÃO 2– FINAL DO CASO 1

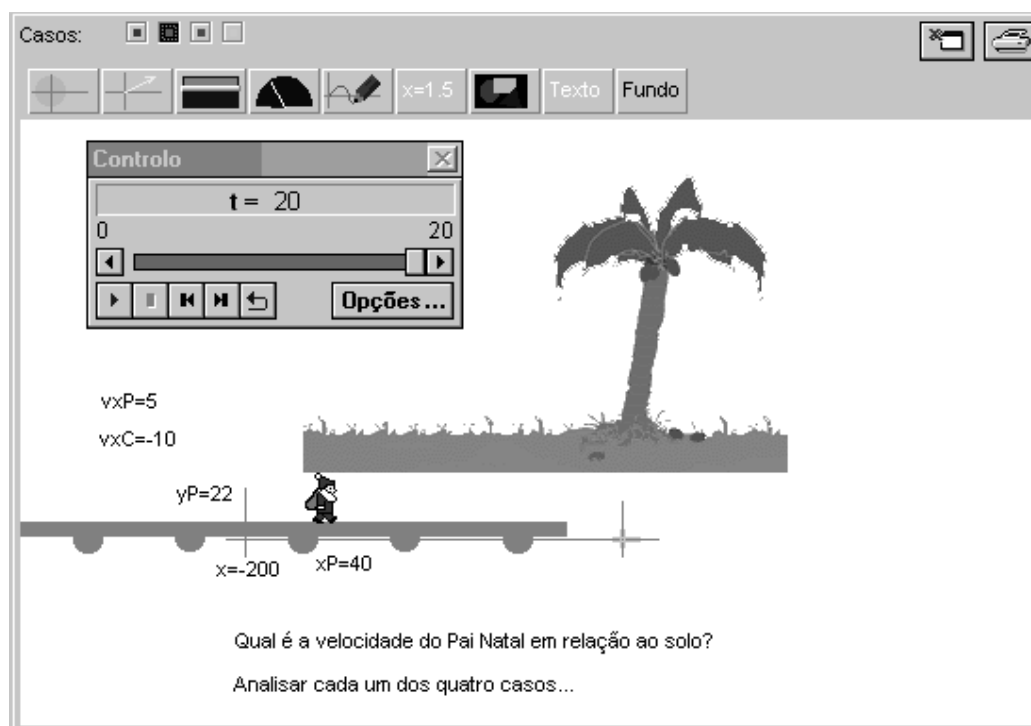
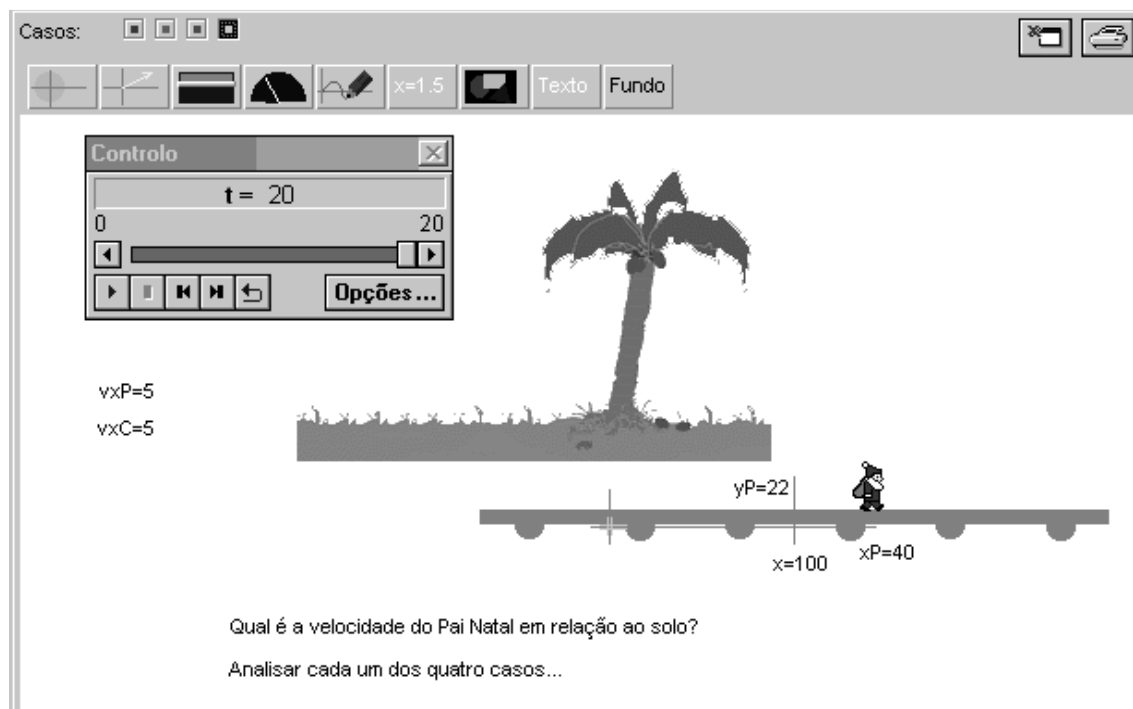
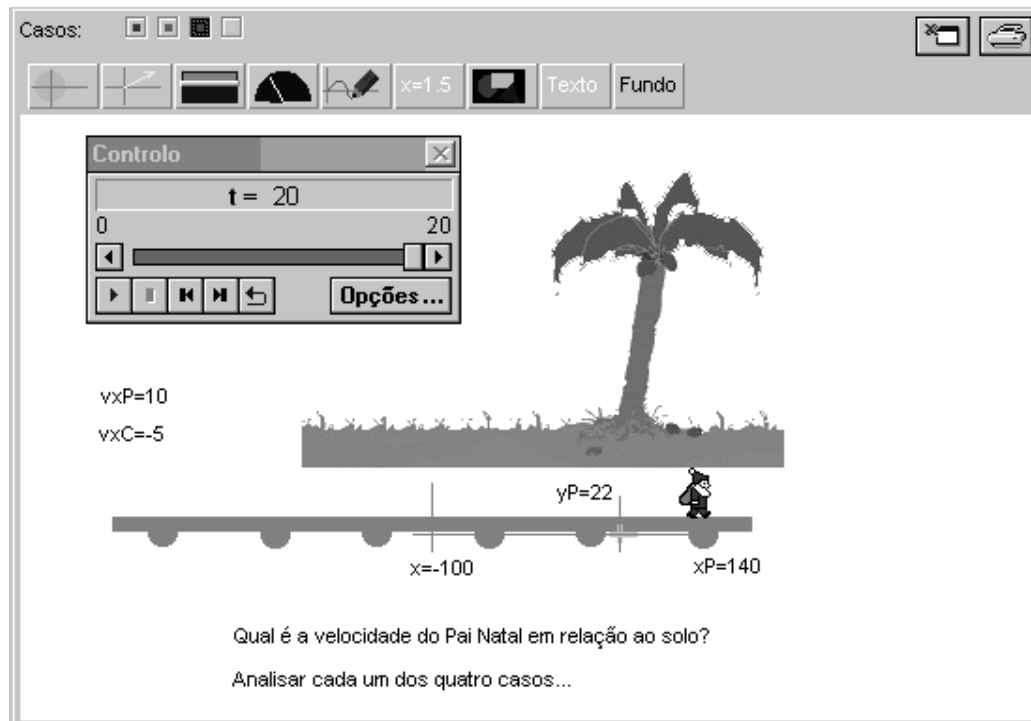


FIGURA 15 – MOVIMENTOS NA MESMA DIREÇÃO 2– FINAL DO CASO 2



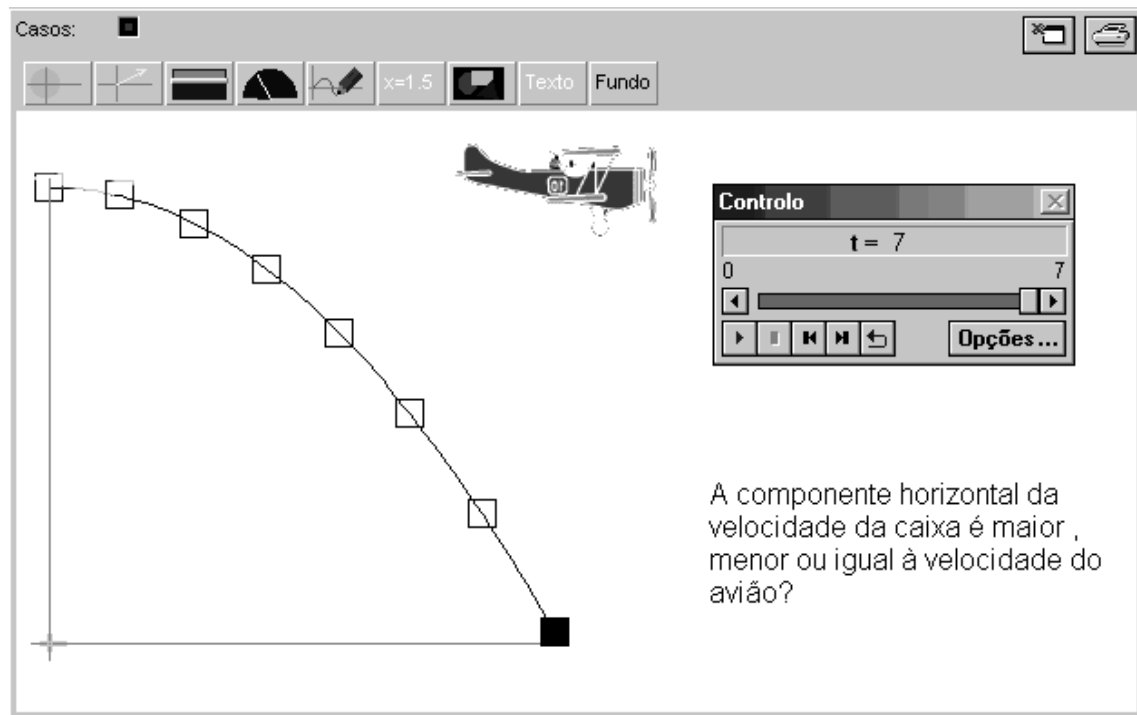


FIGURA 18 – MOVIMENTOS PERPENDICULARES 1

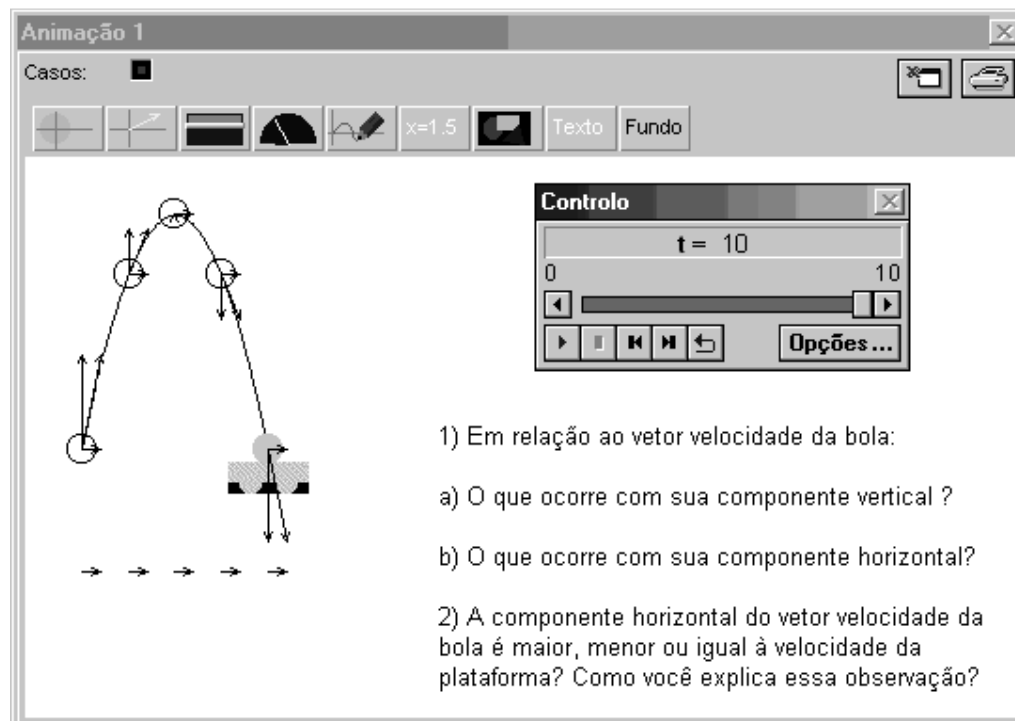


FIGURA 19 - MOVIMENTOS PERPENDICULARES 2

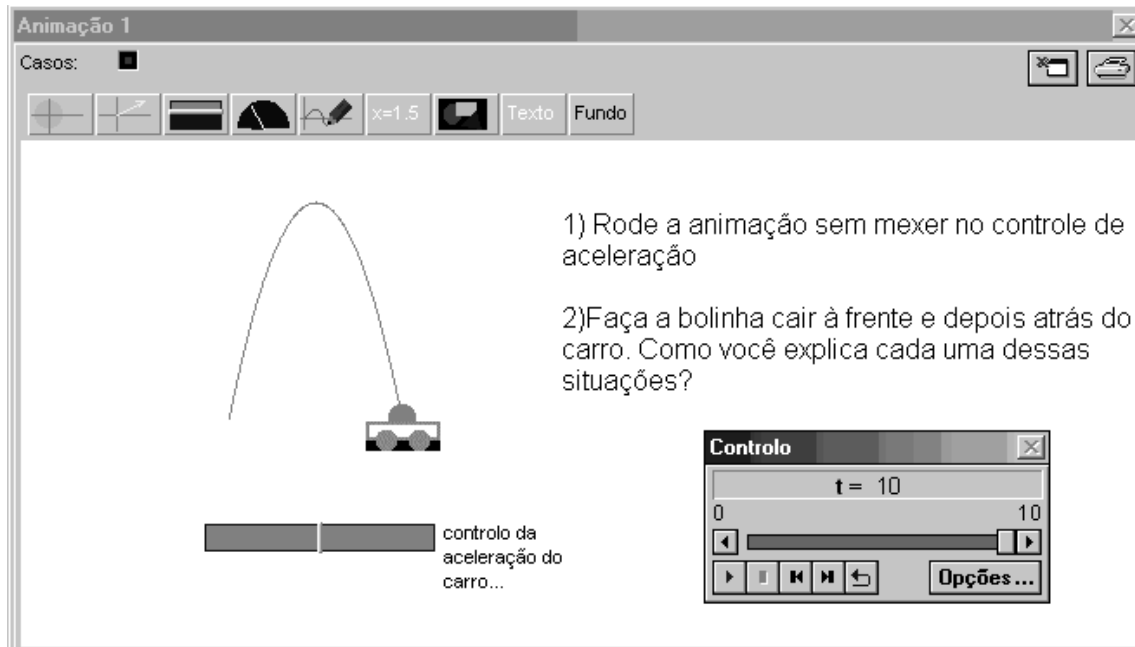


FIGURA 20 - MOVIMENTOS PERPENDICULARES 3 – CASO1

Nesta tela, é possível aplicar ao carrinho acelerações horizontais, em sentidos opostos, com diferentes valores.

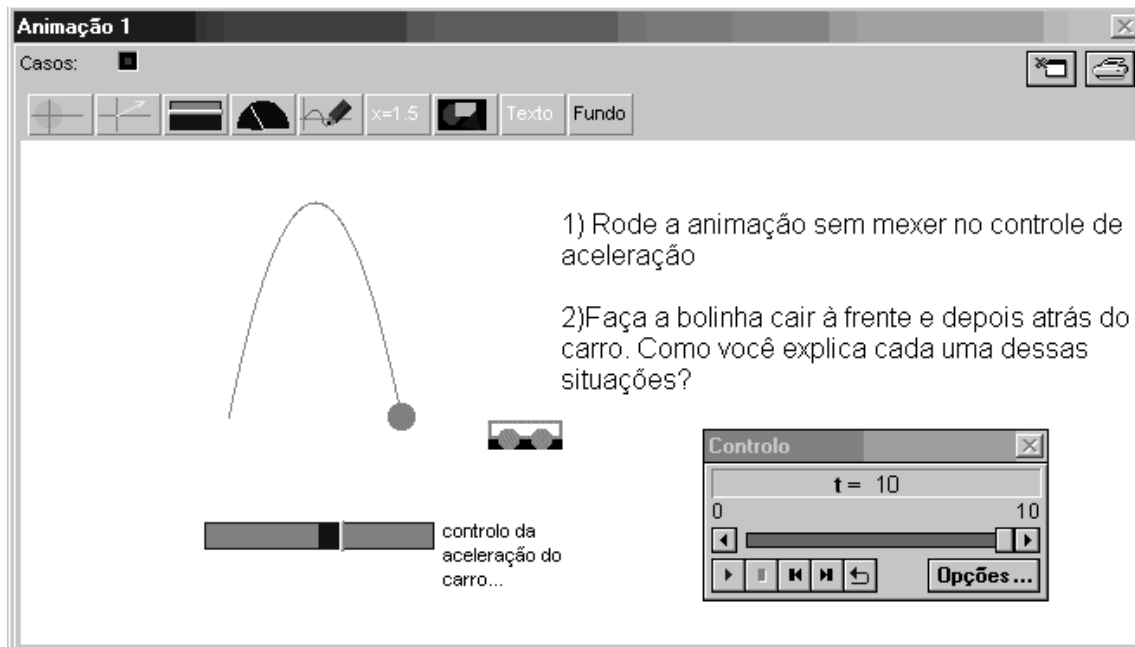


FIGURA 21 - MOVIMENTOS PERPENDICULARES 3 – CASO 2

Aceleração com o mesmo sentido da velocidade do carrinho

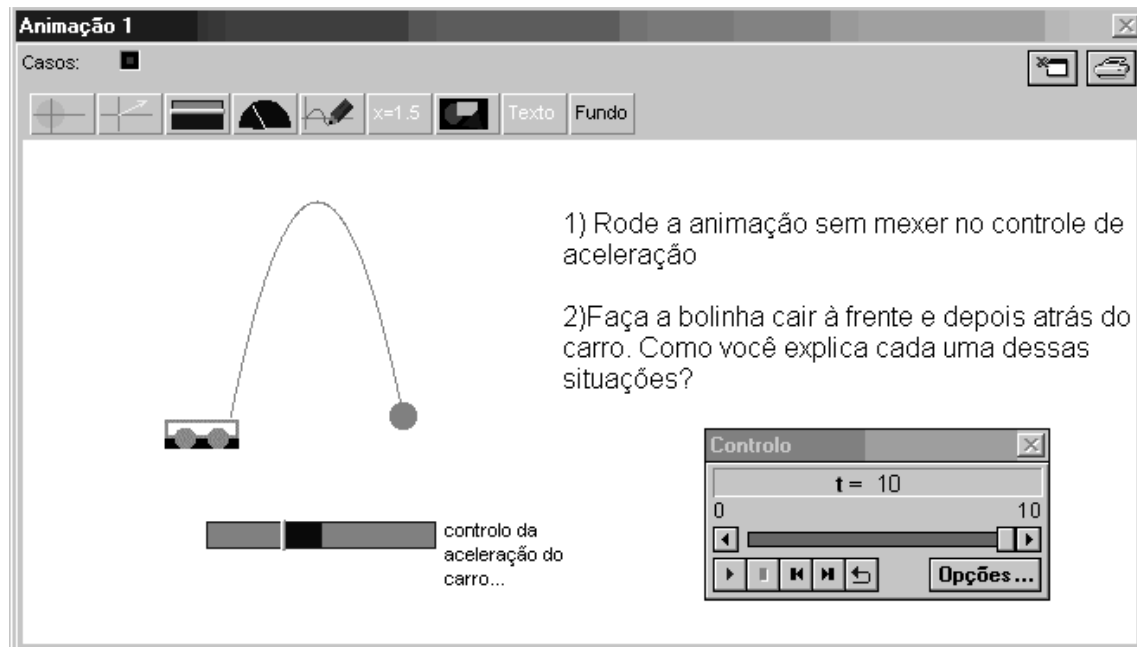


FIGURA 22 - MOVIMENTOS PERPENDICULARES 3 – CASO 3
Aceleração com sentido contrário à velocidade do carrinho

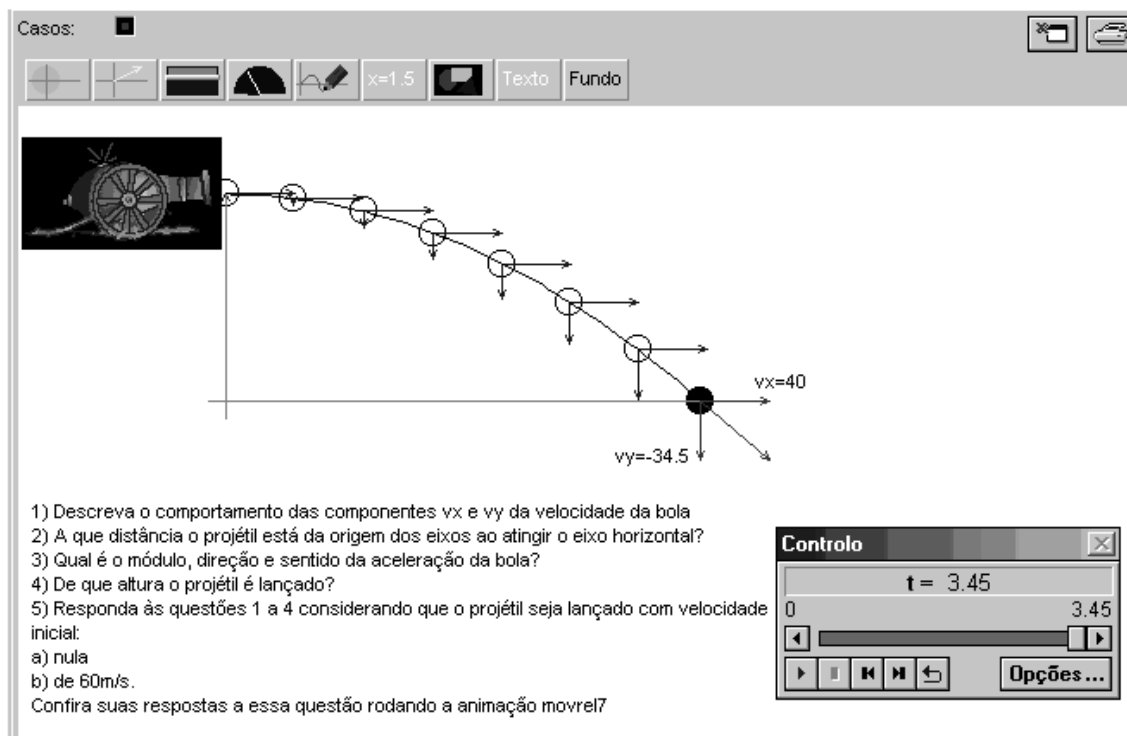


FIGURA 23 - LANÇAMENTO DE UM PROJÉTEL – CASO 1

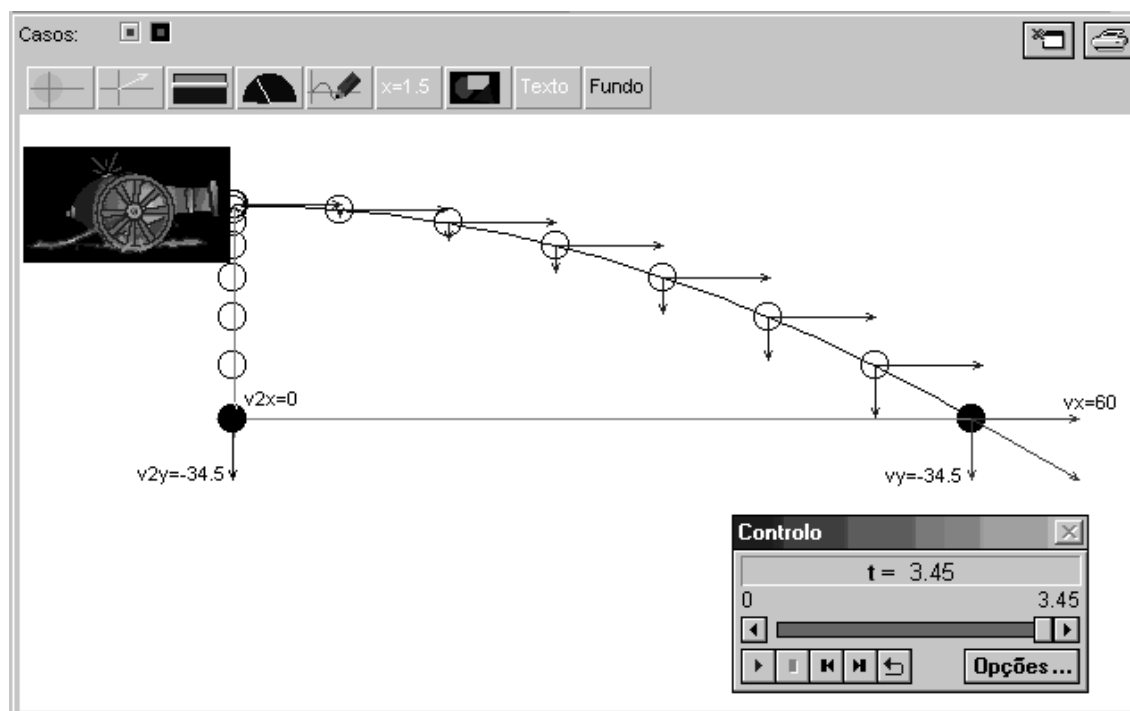


FIGURA 24 - LANÇAMENTO DE UM PROJÉTIL – CASO 2

Tela para conferência das respostas dadas à questão 5, da tela composição de velocidades 6, caso 1

A cronologia em que se deu a realização das atividades em 2001 deveu-se ao desenvolvimento da programação que prevê a seguinte ordem de assuntos: Cinemática Vetorial, 1ª e 3ª Leis de Newton, 2ª Lei de Newton. As atividades com simulações e com experimentos, sobre movimento circular uniforme, somente foram realizadas após o estudo da 2ª Lei. Salientamos, com esse relato, que o registro de dados e o desenvolvimento das seqüências, embora tivesse um desenho bem determinado, ficou sujeito ao ritmo próprio do encaminhamento do programa de conteúdos. Procuramos evitar que demandas da pesquisa, como cumprir o desenho conforme inicialmente previsto, alterassem significativamente o desenrolar do curso. A utilização desse critério não resultou em prejuízo da estratégia de comparar as interações nos diferentes ambientes e nos aproximou mais das condições normais de desenvolvimento das aulas.

Com base nas atividades propostas e nos materiais utilizados, como coletamos e trabalhamos os dados dessa investigação?

Subturma 1

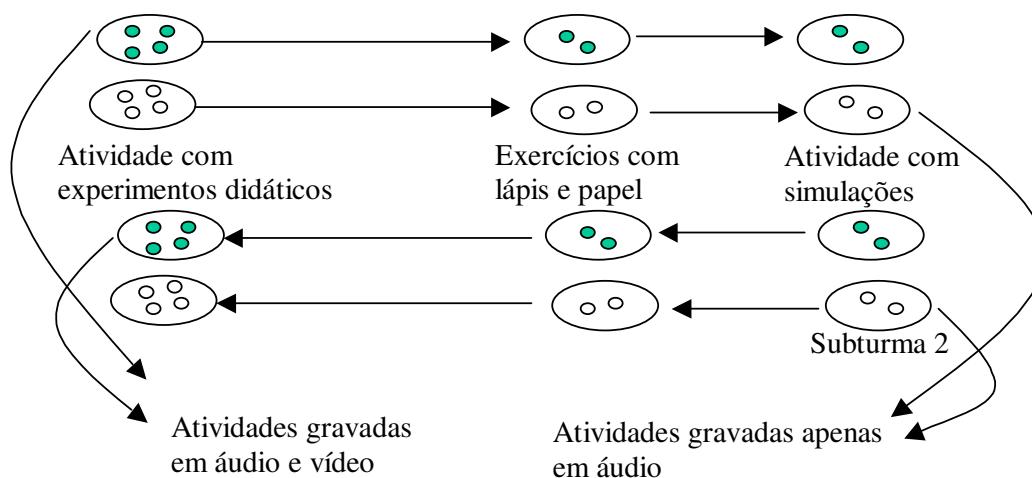


FIGURA 25 – DESENHO DA PESQUISA

As interações dos alunos entre si e com o orientador da atividade, nos diferentes ambientes de aprendizagem, foram gravadas em áudio e vídeo (fig.25). Observamos a atividade com simulações de forma integrada na seqüência de ensino. Buscamos elementos de comparação em grupos desenvolvendo a mesma seqüência e em grupos realizando o mesmo conjunto de atividades em ordem invertida. Foi possível, portanto, fazer estudos longitudinais

curtos, acompanhando a evolução de um único grupo, e estudos transversais, comparando dois grupos em uma mesma atividade.

Seguindo esse desenho, com alterações em relação ao momento de realização dos exercícios com lápis e papel, realizamos gravações das atividades sobre movimento circular uniforme em duas turmas de 1ª série do ensino médio, uma em 2000, outra em 2001 (quadro 7). O levantamento de dados realizado em 2000 foi o primeiro exercício do desenho, um estudo exploratório do qual retiramos indicadores importantes que guiaram o trabalho subsequente. Na turma de 2001, gravamos ainda uma seqüência sobre composição de velocidades. Em cada seqüência, o professor das turmas, relator dessa pesquisa, acompanhou uma subturma. Para acompanhar a outra subturma, contamos com a colaboração de dois estudantes de licenciatura em Física (turma de 2001) e de dois professores de Física (turma de 2002), colegas de Coordenação. Na turma de 2000, a seqüência sobre mcu foi desenvolvida em cinco aulas. As outras duas seqüências, trabalhadas em 2001, foram realizadas, cada uma, em seis aulas. A turma de 2000 foi subdividida em duas subturmas para a realização das atividades com experimentos e simulações. Na turma de 2001, os exercícios com lápis e papel sobre cinemática do mcu foram trabalhados em uma aula com a turma inteira. As demais etapas das duas seqüências, sobre composição de velocidades e mcu, ocorreram em aulas geminadas, com a turma subdividida. Isso resultou em $(2 \times 2 + 1 + 2 \times 2)_{\text{mcu}/2000} + (1 + 2 \times 2 + 2 \times 2)_{\text{comp. de v}/2001} + (1 + 2 \times 2 + 2 \times 2 + 2 \times 2)_{\text{mcu}/2001}$, totalizando 31 horas de gravação, metade delas em áudio, metade em áudio e vídeo.

A esse conjunto de registros foram acrescentadas, ainda, 6 horas de gravação. Um dos professores colaboradores, que acompanhou uma das subturmas pesquisadas, avaliou que a atividade com simulações poderia complementar o trabalho que desenvolvera em uma de suas turmas. Realizamos a seqüência também nessa turma, enfatizando a dinâmica do movimento circular. Nessa etapa apenas as atividades de um grupo foram registradas.

Detalhamos, no capítulo 2, como esse material empírico foi tratado. Com a elaboração de narrativas, a partir dos destaques feitos na observação de 36 horas de gravação, visamos nos aproximar da inteireza da experiência vivida por alunos e orientador da atividade. Detalhar os destaques na forma de narrativas foi o meio encontrado para concretizar a perspectiva descritiva que assumimos nessa investigação. As narrativas resultaram em dados de segunda ordem. De sua análise recorrente, com um retorno sistemático ao material empírico, extraímos os resultados, apresentados nos capítulos 5 e 6.

Turma de 2000	Turma de 2001		Turma de 2001 (em que trabalhava um professor colaborador da pesquisa)
Atividade com experimentos (2 aulas) Exercícios com lápis e papel (cinemática e dinâmica do mcu) (1 aula) Atividade com simulações (2 aulas)	Execícios com lápis e papel sobre cinemática do mcu (1 aula) Atividade com experimentos (2 aulas) Atividade com simulações (2 aulas) Exercícios com lápis e papel sobre dinâmica do mcu (2 aulas)	Aula expositiva sobre composição de velocidades. (1 aula) Atividade com experimentos (2 aulas) Atividade com simulações (2 aulas)	Atividade com experimentos (2 aulas) Exercício com lápis e papel sobre cinemática dinâmica do mcu (2 aulas) Atividade com simulações (2 aulas)
Obs.: As etapas margeadas por setas foram aquelas desenvolvidas com a turma dividida, e as subturmas desenvolvendo a seqüência na ordem inversa.			
QUADRO 07 – SEQUÊNCIAS DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS			

No capítulo 5, focalizamos as práticas de interpretação dos alunos nos diferentes ambientes, especialmente aspectos que diferenciam o ambiente criado com o *Modellus*. Nesse primeiro bloco de resultados, os dados são apresentados na forma de transcrição de episódios ocorridos na sala de aula. Transcrevemos episódios retratando os diálogos entre duplas de alunos e destas com o professor, entrecortando-os com descrições de interações dos alunos com os artefatos do ambiente. Os episódios foram divididos em seqüências para destacar diferentes aspectos da análise. A partir dos destaques apresentados e analisados nos episódios, dialogamos com as referências apresentadas no capítulo 3, agregando outras que as reforçam e complementam, para sustentar algumas hipóteses.

Os resultados, mostrados no capítulo 6, retratam características da prática desenvolvida na sala e protagonizada por alunos e professor, dentro da perspectiva etnometodológica. Os dados desse capítulo são trechos das narrativas elaboradas. A análise que fazemos, a partir delas, ultrapassam-nas. As narrativas desse segundo bloco são núcleos, a partir dos quais agregamos elementos de uma descrição global da sala de aula. Tal descrição baseou-se nas situações destacadas durante a observação e análise dos registros em áudio e

vídeo, que foram sistematicamente revisitados. Baseou-se também no diálogo com trabalhos que afirmam a especificidade da prática que transcorre em uma sala de aula.

CAPÍTULO 5

ASPECTOS DO FENÔMENO DA COGNIÇÃO

Os resultados apresentados e discutidos nesse capítulo decorrem do foco nas práticas de interpretação dos alunos, dentro de uma abordagem que procurou reconhecer os dados fenomenológicos, ainda que não os elegesse como objeto de investigação direta. Utilizamos a noção de categoria perceptual como construto principal. Esse construto foi sistematizado dentro de uma visão que considera o sistema cognitivo do aprendiz como encarnado. No domínio de uma experiência primária, na qual a percepção é um dos protagonistas, esse sistema se acopla inteiro, participando de uma cognição distribuída. Com base nessas referências apresentamos três questões cujas respostas esclarecem a forma e conteúdo da análise:

- Quais as características de uma experiência primária de interpretação e como ela se integra com elaborações conceituais de ordem mais alta?
- O que é percebido?
- Como o percebido é visto pelo aprendiz?

Ao respondermos a questões desse tipo, como já afirmado no capítulo 3, acreditamos estar inferindo o substrato sobre o qual o aprendiz opera para comunicar sua interpretação. Delimitamos, transcrevemos e analisamos quatro episódios.

Os dois primeiros se referem a duas duplas – Beatriz e Hélio, Evandro e Mário - envolvidas com a interpretação de uma mesma tela na atividade com simulações: a determinação do período e frequência de uma bola girando em movimento circular uniforme. Na discussão desses dois episódios, utilizamos o construto categoria perceptual para descrever e analisar como os alunos percebem aspectos da tela e como operam sobre eles. Argumentamos a favor de um maior cuidado no tratamento das percepções elementares dos alunos, mostrando sua relevância:

- na cadeia de operações que realizam, desde uma primeira conceitualização da tela até a produção de um registro;
- como indicador do que significa, para os alunos, o objeto em estudo .

No terceiro episódio, descrevemos e analisamos o processo de interpretação de uma figura do livro, em dois momentos. Inicialmente, a dupla de alunos Ivo e Lúcio resolvendo um exercício. Em seguida, a correção feita pelo professor, com uma participação destacada dessa dupla. No primeiro momento, chamamos a atenção para a maneira como aspectos particulares da figura são integrados por Ivo e Lúcio para responder às questões do exercício, que os levam a realizar ações de distinguir, nomear e dar significado a componentes da representação. Ao analisar esse tipo de ação, encontramos evidências de como a história de interações da dupla com o tema é reeditada na interpretação da figura. Salientamos que, possivelmente, alguns aspectos anteriormente vivenciados comparecem de forma subsidiária na distinção de componentes da figura. As características do diálogo desenvolvido pelos membros da dupla são apresentadas como evidências da distribuição da cognição. No segundo momento, ao analisarmos a correção do exercício, chamamos a atenção para a forma como o professor conduziu a discussão. Destacamos uma sequência de ações, comum na sala de aula, e importante na interpretação dialogada de imagens e figuras.

O quarto episódio envolve a interpretação de uma tela do computador, na qual a dupla Evandro e Mário compara dois movimentos circulares uniformes, de mesmo período e raios diferentes. Na análise desse episódio, apresentamos mais evidências sobre a distribuição da cognição e das possíveis contribuições de um ambiente envolvendo representações dinâmicas e manipuláveis para a elaboração e interpretação de modelos pelos alunos.

Uma vez apresentados e discutidos esses quatro episódios, encerramos o capítulo retomando os principais resultados dessa análise, que focalizou aspectos da prática de interpretação dos alunos.

5.1 – DETERMINAÇÃO DO PERÍODO E FREQUÊNCIA DE UMA ANIMAÇÃO

Os dois episódios a seguir retratam como duas duplas interpretaram uma animação. Comentários e questões, registrados na tela do computador, estabeleciam uma direção de interpretação (fig.26). Operando a janela ‘controle’ os alunos podiam parar, avançar, retroceder, reiniciar a animação e fazer a leitura de seu tempo de evolução. Ao observar a interação de diferentes duplas de alunos desenvolvendo a tarefa de determinar, a partir de uma representação em movimento, o período e a frequência de uma bola girando em movimento circular uniforme, foi possível inferir duas categorias perceptuais, dentre as muitas certamente elaboradas pelos alunos:

- descompasso entre o ritmo da animação e o tempo registrado na tela;
- número não inteiro de voltas.

Episódio 1

Participam desse episódio os alunos Evandro e Mario e dois estudantes de Licenciatura, alunos de Prática de Ensino de Física, na condição de professores 1 e 2 da subturma.

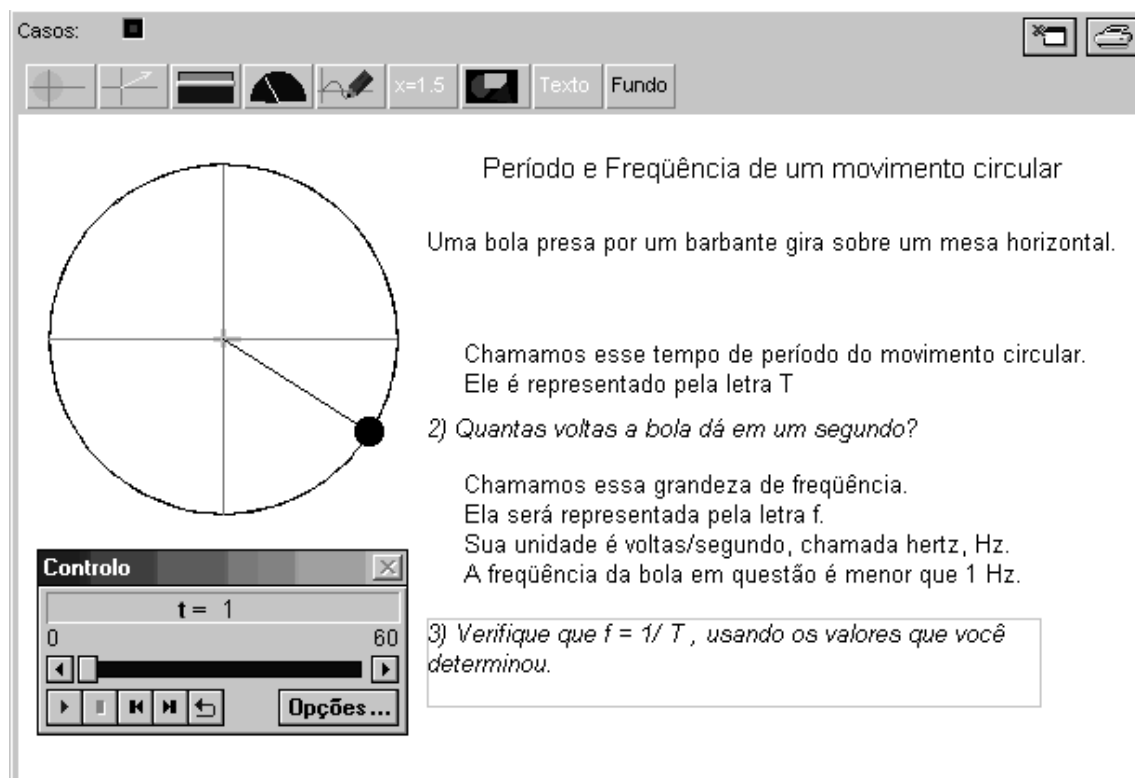


FIGURA 26 – ANIMAÇÃO DO MODELLUS SOBRE PERÍODO E FREQUÊNCIA.

A animação foi editada no instante 1s após seu início de acordo com o cronômetro da tela. Nesse instante o objeto havia completado 'quase duas voltas'. Os valores das grandezas eventualmente registrados na tela, inclusive o tempo da janela 'controle' não têm unidades, pois estão todos expressos no SI.

Sequência 1

A dupla estava envolvida na determinação do tempo necessário para a bola dar uma volta. Ocorreu que não era possível interromper a animação precisamente no instante em que a bola completava uma volta, o que demandava dos alunos algum tipo de aproximação.

1. Mario: 53 segundos, mais ou menos.
2. Professor 1: Ponto...
3. Mario: É...zero ponto cinquenta e três.

4. Evandro: 0,53, mais ou menos.
5. Mario: Quer ver fessor ó...52, quando vai no 52...*(Enquanto fala, Mario opera a janela de controle, avançando passo – a- passo a animação. No ‘52’, a bola encontra-se um pouco antes da posição em que completaria uma volta.)*
6. Evandro: Pula para o 54...não, volta um pouquinho *(Dirigindo-se a Mário, que operava a função passo-a-passo).* É 53 mesmo.*(Nesse instante a bola já ultrapassara a posição em que completaria uma volta.)*
7. Mario: 53...então é 52...
8. Evandro: ...E um quebrado.
9. Professor 1: 525...0,525.
10. Evandro: 52...
11. Mário: Mas... não é segundos, não, né?
12. Professor 1: É. Pode considerar segundos ali! Não é segundos, mas....não é o tempo real que a gente tá vendo aqui *(Aponta para a animação)*, mas você pode assumir que aquilo dali seja segundos...só para facilitar os cálculos senão ia dar uma dor de cabeça danada.
13. Mario: 0,525 o quê?

Pausa, enquanto professor 2 diz para toda a turma considerar o tempo da tela expresso em segundos, ‘apesar de não parecer’. A estranheza expressa pela dupla Mário e Evandro devido ao descompasso entre o ritmo da animação e o tempo registrado na janela de controle ocorria também nas demais duplas. Não dá para inferir se Evandro e Mario estavam atentos ao que o professor 2 dizia ou se estavam concentrados em definir a unidade de registro do tempo do cronômetro da tela.

14. Evandro: 0,52 éé..
15. Mario: segundos...tá bom.

Análise da sequência 1: evidência e significado de uma categoria perceptual

Essa primeira parte do episódio evidencia a primeira categoria perceptual, descompasso entre o ritmo da animação e o tempo registrado na tela, que pode ser inferida a partir das falas dos alunos nas linhas 11 e 13. Uma categoria perceptual resulta de uma ação total que não pode ser decomposta em etapas. Nesse caso, os alunos destacam e integram particulares da tela articulando ritmo, seqüenciação e simultaneidade. Não é possível decompor essa coordenação que integra percepção, concepção, e ação. É possível apenas inferir sua elaboração a partir do que falam e fazem os alunos. Na linha 13, a dúvida

permanece mesmo depois da explicação do professor. Este trata o descompasso detectado pelos alunos de forma rotineira, não problemática, apenas como a utilização de uma escala de medida diferente. Um professor mais experiente, ao se deparar com tal questão em outra subturma, tratou-a de forma semelhante. Há que se destacar que, ao iniciarem a resolução da questão 1 - determinar o período da animação -, o primeiro movimento de Evandro foi o de medir o período utilizando um relógio de pulso, ignorando inicialmente o tempo da janela de controle. Os alunos tratam a bola como um objeto em movimento e não como a representação, em movimento, de um modelo.

Seqüência 2

Evandro lê a pergunta seguinte da tela.

16. Evandro: Quantas voltas a bola dá em 1 segundo? ...Mario...*(Pede a atenção de Mario, que ouvia uma orientação do professor sobre a folha de respostas da atividade.)*

Enquanto espera, parece pensar e diz:

17. Evandro: Não, num dá não! Na segunda, a pergunta é quantas voltas a bola dá em 1segundo! *(Demonstra bastante surpresa em sua entonação dando a impressão de que seria um procedimento problemático)*

18. Professor 1: Quantas voltas a bola dá em 1segundo?

19. Mario: Mas aí o que que é 1 segundo?

20. Professor 1 : 1 segundo é aquele tempo que está medido lá.*(O professor aponta para o cronômetro da tela.)*

Mario faz aquele 'Ah' de entendimento.

21. Professor 1: Aquele tempo como sendo 1 segundo.

22. Mario: Tá bom.

23. Evandro: 'Play' de novo *(Solicitando a operação da janela de controle para reiniciar a animação.)*

24. Mario: Não precisa não.

Mario movimenta a animação com a função passo a passo até que o cronômetro da tela registre 1 segundo. E dirige-se ao professor, tentando estabelecer uma conversão do tempo registrado na tela para o tempo convencional:

25. Mario: Então você considera o 60 como 1 segundo ou...o 100?

26. Professor 1: Conta a unidade.

27. Mario: Ah... a unidade.

Análise da seqüência 2: a representação tomada como objeto real

O descompasso entre o ritmo da animação e o tempo registrado no cronômetro da tela criou um obstáculo para a determinação da frequência f do movimento circular representado. A animação representa um movimento de frequência não inteira, demandando dos alunos fazer o registro do número não inteiro de voltas dado em 1 segundo. Como será mostrado na seqüência 3, a dupla Evandro e Mário registrou, sem dificuldades, o número não inteiro de voltas. Embora tenham feito acertadamente esse registro, resistiram em utilizar esse resultado na determinação da frequência. O intervalo de 1s que consideravam para o cálculo de f não era aquele registrado na tela, pois a animação evoluía muito mais lentamente. Os alunos tomaram, como intervalo de tempo, aquele que seria medido com um cronômetro convencional. Nas diferentes situações em que outras duplas explicitaram esse problema, nem o professor colaborador, mais experiente, que acompanhou outras subturmas, nem os alunos de prática de ensino exploraram satisfatoriamente a percepção expressa pelos alunos.

O que temos? Um movimento circular de período de aproximadamente 0,53s é modelado de forma a ser representado na tela. Comparada à nossa sensação intuitiva de tempo, a evolução da representação do movimento é mais lenta do que o fluxo de tempo do cronômetro da tela. Esse descompasso produz nos alunos um desconforto em relação à medida de tempo que obtêm a partir desse cronômetro. Inicialmente, interpretamos essa situação a partir da seguinte questão: o que é real e o que é virtual? Essa pergunta implica em reconhecer uma lacuna importante: a ausência da compreensão de que o cronômetro da tela registra o tempo de acordo com um modelo, base para a geração da animação que apenas evolui em ‘câmera lenta’, para facilitar seu estudo. O que seria o tempo ‘real’ para os alunos é o tempo de evolução em ‘câmera lenta’ da animação, pois eles tratam a representação da bola como um objeto concreto que pode ser manipulado e cujas propriedades podem ser medidas independentemente dos valores registrados na tela, que expressam o modelo, base da animação.

A inferência da categoria perceptual 1 e as dificuldades de entendimento que ocorreram a partir daí, levou-nos a destacar uma ambigüidade, que pode ser inerente a qualquer simulação. Se por um lado ela representa o modelo de um fenômeno real, por outro, ela pode ser estudada como um objeto com parâmetros próprios que não têm uma correspondência direta com parâmetros quantitativos importantes do modelo. Em uma

situação envolvendo simulações, é preciso, portanto, salientar para os alunos que eles estão lidando com uma representação, ainda que possivelmente mais concreta, porque manipulável.

Na sequência 3, evidenciamos a categoria perceptual ‘número não inteiro de voltas’ e as elaborações subseqüentes que culminaram no registro dessa coordenação conceitual elementar e na expressão do valor da frequência.

Seqüência 3

Para determinar o número de voltas dadas em 1 segundo, Evandro continua operando a função passo a passo.

28. Evandro: Duas voltas em 1 segundo.

29. Mario: Menos. Uma volta e...

30. Evandro: Aqui deve ter o quê? Uma volta e um..

31. Professor 1: Você pode colocar uma volta e...né? ...Um quarto, dois quartos, três quartos...

32. Mario: Sete oitavos!

33. Professor 1: Sete oitavos.*(Confirmando a proposição de Mario)*

34. Mario: Uma volta e sete oitavos de volta.

35. Professor 1: Uma volta e sete oitavos.*(Mais uma vez confirmando)*

36. Mario: Um mais sete oitavos dá quantos oitavos? Sete mais oito... dá quinze...quinze oitavos. Uma volta mais sete oitavos dá quinze oitavos.

37. Professor 1: Qual é a definição? Quantas voltas a bola dá em um segundo? Chamamos essa grandeza de quê?

38. Mario: É..

39. Professor 1: Freqüência.

40. Mario: É. Freqüência.

41. Professor 1: Representada pela letra f. Sua unidade...qual é a sua unidade?

42. Evandro: Voltas por segundo.

43. Professor 1: Voltas por segundo.

44. Evandro: Hertz.

45. Professor 1: Ou seja, Hertz né?

46. Mario: Ah... Hertz.

47. Professor 1: Repetições por segundo, que a gente chama de Hertz... Normalmente a unidade de tempo utilizada é o segundo. Agora tem...igual o conta-giro de um carro...tem o rpm, rotações por minuto. Aquilo também é uma freqüência, é uma taxa de freqüência. Só que tem que ali não é segundo, ali tem como base de tempo o minuto. Então, freqüência é o que? É a taxa de acontecimentos por unidade de tempo. Quantas vezes, dentro de um intervalo de tempo, aquela coisa acontece.

48. Evandro: Vai dar isso aqui por segundo. *(Desliza o dedo pela circunferência na tela até completar a fração de volta)*

49. Mario: Não, mas é melhor (...) com vírgula!

50. Professor 1: É... se você por exemplo...

51. Mario: Pera aí fessor...(*Mario desenvolve a operação quinze dividido por oito, e obtém 1,875.*)

52. Mario: Então, 1,875...

53. Professor 1: 1,875...

54. Mario: Hertz.

55. Professor 1: Voltas por segundo.

56. Evandro: É a frequência dele.

Análise da seqüência 3: uma categoria perceptual é elementar e generativa

A segunda categoria perceptual, destacada nesse episódio, é uma percepção elementar do número não inteiro de voltas. Foi expressa, na linha 29, pelo enunciado '*Menos. Uma volta e..*'. Mas essa percepção faz-se a partir da pergunta 'quantas voltas a bola dá em 1 s?'. A ação se completa com o registro matemático de '*uma volta e..*'. Evandro e Mário elaboraram, juntamente com o professor, uma nova coordenação dividindo 'mentalmente' os quadrantes em metades e estimando a fração de volta. Estimaram $7/8$ de volta e assim fizeram o registro. Temos então uma categoria elementar, uma percepção da tela expressa por '*uma volta e...*'. Seu caráter generativo se revela pela cadeia operações que se realizam a partir dela. Uma nova coordenação é gerada, imaginando-se a divisão dos quadrantes e estabelecendo-se uma correspondência entre o arco descrito e uma quantidade de partes dos quadrantes. Essa nova coordenação, diferentemente de uma categoria perceptual, pode ser descrita, como acabamos de fazê-lo, e gera, por sua vez, em terceira ordem, nova coordenação expressa no registro $1 + 7/8 = 15/8 = 1,875$ volta. Essa seqüência de operações evidencia a categoria perceptual 'número não inteiro de voltas' como uma coordenação conceitual elementar, base para elaborações de ordem mais alta e é ilustrada na figura 27, adaptada de CLANCEY (1996).

O parágrafo anterior pode ser visto como uma descrição complexa para um processo, à primeira vista, elementar. É possível justificá-lo? Acreditamos que sim. Ao fazer tal descrição, temos como objetivo destacar a informação perceptual do circuito no qual está integrada e que gera o registro 1,875 volta. Esse circuito está representado na figura 27. Uma categoria perceptual resulta de um conceitualização, base para elaborações de ordem mais alta em um processo recursivo. Uma segunda dupla, cujos diálogos transcrevemos a seguir, também enunciou a percepção 'numero não inteiro de voltas', mas não conseguiu fazer o registro.

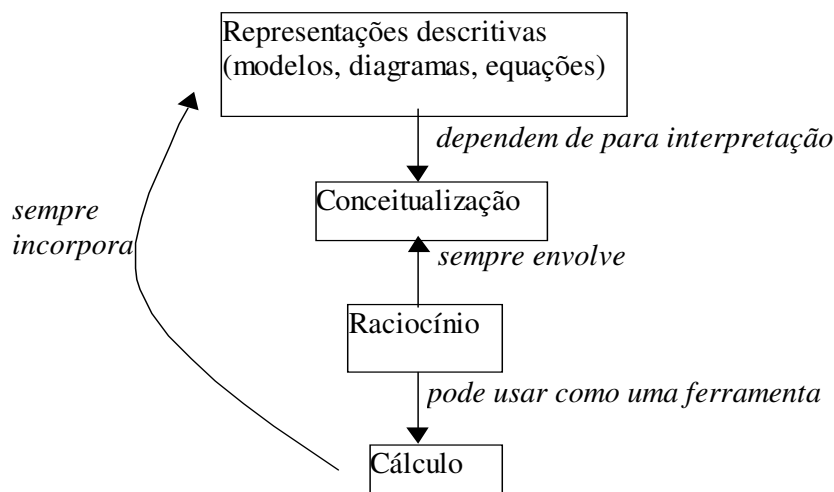


FIGURA 27 – OPERAÇÕES ENVOLVENDO UMA CATEGORIA PERCEPTUAL

Episódio 2

Transcrevemos e analisamos, a seguir, o episódio 2, do qual participam os alunos Beatriz e Hélio e os estudantes de licenciatura, na condição de professores 1 e 2 da subturma. A transcrição do episódio é feita a partir da resolução da questão 2 proposta na tela (fig.26).

Seqüência 1

57. Beatriz: Quantas voltas a bola dá em um segundo? Então vamos...Quantas voltas já deu? Duas agora, né? Duas! *(Beatriz opera a janela de controle, enquanto fala)*

58. Hélio: Mais de uma...

59. Beatriz: Aí ó....não....uma... né...uma, ...quase duas voltas!*(Pára a animação nesse ponto.)*

60. Hélio: Em um segundo...quantas...

61. Beatriz: Quantas voltas dá em um segundo? Uma volta e mais outra meia volta mais que um minuto *(risos)*... nada a ver!

Hélio diz alguma coisa que não dá para entender. Parece que ele propõe evoluir passo a passo a animação para ver de novo.

62. Hélio: Quantas voltas a bola dá em um segundo?

63. Beatriz: Uma...Ô negócio, pára! *(Clicava com o mouse na janela de controle, mas não conseguia parar a animação)*...Entendeu? Deu uma volta completa em cinqüenta e três segundos, e deu ou...segundos não, em milésimos de segundo. E deu outra volta, só que em um minuto, ela pára aqui, ela não dá uma volta completa.

64. Hélio: Então é um.. vírgula...

65. Beatriz: Mas está perguntando em um segundo não é? Ô Professor !.. Coloca assim...Dá... É... Quantas voltas a bola dá? A bola dá uma volta e mais que a metade de volta... que absurdo! (*risos*)

Chega o professor 2.

66. Beatriz: Ó... A bola dá uma volta, e ela não completa a volta. Falta isso daqui. (*Aponta na tela o que falta para completar uma volta, que é um arco menor que a metade de um quadrante.*)

67. Professor 2: É, calcula aí mais ou menos. No chute. Vocês poderiam fazer uma outra alternativa ó... dá um...mais... mais quanto? Você divide isso aqui em oito, mais ou menos ó... aqui tem quatro...um, dois, três, quatro (*apontando os quadrantes*)... tá vendo?...

68. Beatriz: Ham...ham (*demonstrando concordância*).

69. Professor 2: Então vai dar um...vírgula... virgula nove, mais ou menos, não é isso?

70. Beatriz: Isso.

71. Professor 2: Um vírgula nove voltas em um segundo, não é isso?

72. Beatriz: Ah, tá.

73. Professor 2: Um vírgula nove mais ou menos.

74. Beatriz: Então coloca lá (*ditando para Hélio*). Coloca assim...é...

75. Hélio: A bola dá....

76. Beatriz: Em um ponto zero cinco segundos (1,05s), duas voltas. (*Beatriz opera a função passo-a-passo, fazendo a bola completar duas voltas e baseia o registro na leitura correspondente do cronômetro da tela.*)

77. Hélio: Um ponto cinco (1,5)?...

78. Beatriz: Não. Um ponto zero cinco. (...)

Análise da seqüência 1: entre o enunciado e o registro de uma categoria perceptual

Beatriz enunciou a categoria perceptual relativa ao número não inteiro de voltas: 'quase duas voltas'. Salientamos, mais uma vez, que esse enunciado expressa uma ação anterior, total, que expressa uma integração de particulares da tela. Trata-se de uma coordenação entre percepção, concepção e ação que não pode ser decomposta em etapas. Beatriz percebe o número não inteiro de voltas, mas não consegue fazer o registro. Hélio - bastante atento mas falando pouco - na linha 64, esboçou a iniciativa de fazer o registro do número não inteiro de voltas na forma decimal correta. No entanto, não insiste nessa direção, prevalecendo a fala e o procedimento de Beatriz.

O professor 2 verbalizou a operação de dividir ‘mentalmente’ o quadrante e estimar a fração de volta. Beatriz escutou, mas resistiu a esse procedimento. Respondeu a questão proposta da seguinte forma: ‘em 1,05s, 2 voltas’. Nessa seqüência o caráter generativo de uma categoria perceptual revela-se através de um obstáculo. A partir dela, outras operações devem ser elaboradas para se chegar ao registro do número de voltas em um segundo. No entanto, a dupla não consegue operar sobre essa categoria, ainda que o professor tenha descrito, na linha 67, os passos seguintes. Parece que o professor considera esses passos triviais e não percebe a dificuldade da dupla. Beatriz, mesmo dizendo ter entendido, opera a função passo-a-passo, para posicionar a animação em um número inteiro de voltas. Consegue fazer o registro de tempo na forma decimal, mas não consegue fazê-lo em relação ao número de voltas.

Seqüência 2

Decorre um certo tempo para a dupla escrever na folha de respostas ‘em 1,05s, 2 voltas’. Nesse intervalo, refazem todo o registro feito até então, porque o primeiro continha algumas rasuras. Hélio é o responsável por anotar. Decide fazer a lápis, para evitar rasuras. Faz os registros, mas pouco interfere. Retorna, então, o professor 2. Ele confere os registros e discorda da forma como foi respondida a pergunta ‘quantas voltas a bola dá em 1s?’

79. Professor 2: Não,... é... não é isso. Quantas voltas dá em 1 segundo! Em 1,05 eu não quero. Quero em 1 segundo. A definição de freqüência... aqui ó...essa é a definição de freqüência. *(Aponta para o texto da tela)* Ela é representada pela letra f. O que que é definição de freqüência? É quantas voltas dá em 1 segundo. Esse tempo aqui *(1,05 segundos)* não interessa. Em vez de por 1,05 aqui, você põe 1 aqui *(aponta para o cronômetro da tela)* e vê quantas voltas dá...dá 1,9 não é,... mais ou menos?

80. Beatriz: Ham...ham *(Parecendo concordar)*

81. Professor 2: A definição de freqüência é quantas voltas dá em 1 segundo.

82. Beatriz: Ah, entendi.

83. Professor 2: Aí, depois você vai verificar que f, nesse tratamento aqui...isso aqui é chamado de T...T é igual a isso aqui *(aponta para o registro feito por Hélio)*. Isso aqui é chamado de f...ele *(referindo-se ao autor da atividade)* falou aqui ó...ela será representada pela letra f. f é igual?...Quanto que deu lá? 1,9? 1,8? Depois cê vai verificar que f é igual a $1/T$. Isso é que ele tá falando.

84. Beatriz: Tá.

85. Professor 2: Entendeu?

86. Beatriz: Entendi.

Pausa. Beatriz comenta o registro que fizeram. Parte está inaudível. Refazem os registros. Voltam a manipular a representação na tela. Chega o Professor 2.

87. Professor 2: É aí ó...1,...9...põe 1,9. Aí depois..que que você vai fazer? Cê vai pegar a máquina aqui... (*ensina aos alunos acessar a calculadora no computador*)...1 dividido por 0,...quanto que você achou na primeira? ...53, 53. É igual...a ... tá vendo? Deu igual a esse aqui.(*Professor 2 faz a divisão 1/0,53, obtendo o valor que havia estimado para o número de voltas em 1 s*)

88. Beatriz: Então ele dá uma volta...

89. Professor 2: 1,8...1,9. Não foi isso que você fez? Que dava 1,9, quase 1,9?

90. Beatriz: Isso.

91. Professor 2: Você pode reduzir esse aqui, deixa ele aqui. Quando você quiser usar a máquina, ó, fica aqui embaixo. (*Mostra como minimizar a calculadora na tela*)

92. Beatriz: Ham...ham (*concordando*).

Pausa: Beatriz e Hélio comentam alguma coisa que não dá para entender, riem e Beatriz se dirige a Hélio:

93. Beatriz: Ele então dá 1 volta e 1,8 de volta?

94. Hélio: É 1,8...é igual... cê tem que abreviar...cê vai colocar aqui...

Análise da sequência 2: transmissão do procedimento correto, sem construir uma cadeia de operações com significado a partir da percepção do aluno

O Professor 2 não aceitou o registro e, diante da dificuldade do grupo, propôs obtê-lo a partir da equação $f = 1/T$, uma vez que T fora determinado sem maiores dificuldades. Executou o procedimento para os alunos, explicando cada passo, e obteve 1,8 como resultado. O Professor 2 continua não percebendo a dificuldade do grupo, não tematiza a percepção, especialmente de Beatriz. Hélio volta a indicar na linha 94 que talvez tenha a compreensão correta do registro. Contudo, prevalece a anotação proposta por Beatriz: 1 + 1,8 de volta. Na sequência seguinte, o Professor 1, que até então não estabelecera nenhuma interlocução com a dupla, conferiu o registro e disse que estava errado. Enunciou a expressão corretamente - 'uma volta mais oito décimos de volta' - e ditou para Beatriz a forma correta de fazer o registro, sem também acessar sua dificuldade. Apenas mostrou como fazer.

Sequência 3

A dupla já terminara a questão 2 respondendo, em 'Is a bola dá 1 + 1,8 de volta'. Passam então à questão 3.

95. Beatriz: Então deixa aqui.... três, verifique que f.....

96. Hélio: Usando os valores que você determinou. Os valores que ta aí, são esses aí ó, 0,53 segundos e 1,8 aí...

97. Beatriz: Entendi..... É a mesma conta que ele fez agora, não é?

Operam a calculadora na tela. Parece que ainda estão com dúvida.

98. Beatriz: Professor 1!...Esc..olhe só...Na dois, ele deu uma volta e parou aqui.*(Fala acompanhando com o dedo a animação na tela)*

99. Professor 1: Hum...hum *(concordando)*.

100. Beatriz: Aí é 1,8.

101. Professor 1: Ham...ham *(concordando)*.

102. Beatriz: Aí, eu coloco na resposta isso?

103. Professor 1: É coloca na resposta isso. Qual é a unidade de frequência?...*(Ao verificar o registro..)* Não é 1 volta e 1,8...Ou você coloca 1 volta e oito décimos ou 1,8 direto. Isso aqui. Da forma como você botou aqui tá errado.

104. Beatriz: Tá errado?

105. Professor 1: Ou você põe uma volta e oito décimos de volta...

106. Beatriz: Uma volta e oito décimos...

107. Professor 1: Ou então 1,8 voltas. Pode colocar 1,8 voltas.

108. Beatriz: E 1,8 voltas? *(Insistindo na idéia de que seria 1 volta mais 1,8 voltas.)*

109. Professor 1: Não. 1 volta e oito décimos... então...coloca aí...oito

110. Beatriz: Pode ser assim?

111. Professor 1: Pode. Igual..

112. Beatriz: De voltas, oito décimos de volta.

113. Professor 1: Tá bom, depois vou te mostrar como é que você fez....*(Acenando que voltaria a discutir o problema do registro)* Coloca assim igual 1,8 voltas...voltas. Essa é o que...Essa é a pergunta...

114. Beatriz: Dois.

115. Professor 1: Voltas por quê? Qual que é a unidade. Voltas...Essa é a frequência. Voltas por...segundo. Qual que é a unidade? Voltas por segundo fica muito grande para você escrever isso. Qual que é a unidade? Já tem uma unidade aí.

116. Beatriz: Aqui?

117. Professor 1: É. Hertz.

118. Beatriz: Pode ser H....e?
119. Professor 1: H maiúsculo..z minúsculo.
120. Beatriz: Que que eu coloco? Uma setinha?
121. Professor 1: 1,8 Hz...H...z. Isso. Beleza!
122. Beatriz: Aí, essa três é para verificar
123. Professor 1: Para verificar essa relação aí, de inverso né, porque a frequência é o inverso do período... Tá? Essa relação...
124. Beatriz: Aí, eu coloquei né, 1 sobre o período.
125. Professor 1: Sobre o período.
126. Beatriz: Período é 0,53
127. Professor 1: 53 segundos.
128. Beatriz: Ah, então é isso daqui.
129. Professor 1: 1,8...mesma coisa...Hz.
130. Beatriz: 1,8 Hz.
131. Professor 1: Hertz.
132. Beatriz: Ah, beleza..e agora como vou para a próxima? *(Passam para a tela seguinte.)*

Análise da sequência 3: condições para o diálogo e para uma elaboração coletiva

Em suas intervenções, realizadas desde o enunciado ‘quase duas voltas’ até o registro $1 + 0,8 = 1,8$ volta, os orientadores da atividade não exploraram a oportunidade de retomar com os alunos o processo de registro da fração de uma grandeza, no caso, o número de voltas. Ambos consideraram essa questão trivial. O Professor 1 promete voltar à discussão do registro com Beatriz e não o faz. A postura de ambos é a de indicar o procedimento correto para se chegar às respostas. Falta escuta, falta uma maior atenção à categoria perceptual produzida pelos alunos. É a partir dela que Beatriz inicia o diálogo com o Professor 1, na linha 98.

Um caminho possivelmente promissor seria aproximar-se mais da percepção expressa pelo enunciado ‘quase duas voltas’ e estimular a produção de novas coordenações recuperando, por exemplo, a experiência da dupla com medidas de comprimentos retilíneos não inteiros. Dessa forma, o caráter generativo da percepção seria mais bem explorado, articulando-o à história de interações da dupla com situações de registro similares. Faltou ainda o cuidado de dar voz a Hélio, de chamá-lo para a discussão, de dar-lhe a palavra para saber o que ele pensava. Na linha 120, parece que Beatriz quer tratar a frequência como grandeza vetorial. Essa fala não foi explorada pelo Professor 1.

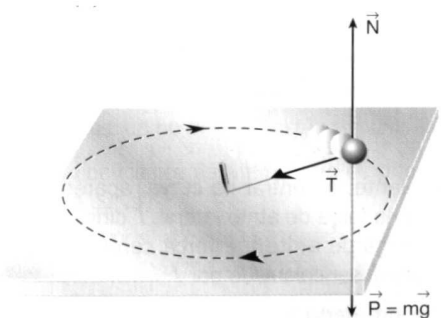
Ao transcrever esse episódio, salientamos que destacar a percepção de uma coordenação conceitual é uma ação importante na elaboração de conceitos. Além disso, observamos repetidamente a dificuldade de várias duplas em passar da interpretação para o registro. Isso pode ser explicado pela diferença entre enunciar uma informação perceptual e produzir uma coordenação conceitual que inclua essa informação e se expresse em um registro formal. Considerando o episódio 2, como um todo, destacamos alguns elementos que contribuem para uma situação de diálogo e elaboração coletiva: estar atento às categorias perceptuais produzidas pelos alunos, explorar seus possíveis significados do ponto de vista dos alunos, inferir os particulares possivelmente integrados na sua produção; prestar atenção nas possíveis assimetrias do grupo, procurando dar voz a todos os participantes e conhecer seus entendimentos. Para concretizar essas condições, é preciso apurar a escuta, procedimento bastante tensionado pela administração do tempo no desenvolvimento de um programa extenso de conteúdos (MOREIRA e BORGES, 2001).

Discutimos a seguir um episódio em que a informação perceptual, enunciada pelo aluno, foi o ponto de partida para a discussão e elemento constitutivo das novas coordenações elaboradas.

5.2 – INTERPRETAÇÃO DE UMA FIGURA DO LIVRO DIDÁTICO

Episódio 3

Neste terceiro episódio, analisamos o diálogo entre os alunos Ivo e Lucio durante a resolução do exercício mostrado no quadro 8 , que propõe a interpretação da figura de um objeto preso a um barbante em movimento circular uniforme sobre uma mesa horizontal sem atrito.

30. a) Na fig.5.21a, qual das forças mostradas faz com que a velocidade do corpo mude constantemente de direção? b) Então, qual dessas forças produz, no corpo, a aceleração centrípeta a_c? c) Supondo que a massa do corpo seja $m = 200g$, sua velocidade $v = 3,0m/s$ e que o raio da trajetória seja $R = 50cm$, calcule o valor da tensão T do barbante (atenção para as unidades)	 Figura 5.21a – Para o movimento circular mostrado na figura, a força centrípeta é proporcionada pela tensão no barbante. Se o barbante arrebentar, a força centrípeta deixa de existir e o corpo, por inércia, passa se deslocar em linha reta. Obs. Essa figura não estava colocada ao lado do exercício, mas em página anterior do livro.
---	---

QUADRO 08 – EXERCÍCIO DA ATIVIDADE COM LÁPIS E PAPEL SOBRE DINÂMICA DO MCU

Seqüência 1

Ivo lê ‘meio silenciosamente’ o enunciado do exercício, que os remete à figura, solicitando que identifiquem a força que muda a direção do vetor velocidade do objeto que gira.

133. Ivo: Qual...qual das forças mostradas...

134. Lucio: É a força T

135. Ivo: É uê...

Momento de silêncio

136. Lucio: Qual dessas forças produz no corpo a aceleração centrípeta a_c ?

137. Ivo: Essa outra setinha aqui.

138. Lucio: Ah, não entendi não....nenhuma véio!

139. Ivo: Nenhuma delas..a aceleração centrípeta...ah não... a aceleração centrípeta é a do...

140. Lucio: Ah, não... É a mesma... É a mesma força que muda a direção é a força...força tipo...
141. Ivo: Força T também. Não é?
142. Lucio: É. Também acho que é a força T mais uma vez.

Concluem o exercício calculando o valor de T.

Análise da sequência 1: na produção de uma categoria perceptual a cognição é distribuída

Nas linhas 133 a 135, a identificação de T como a força que altera a direção do vetor velocidade parece ser tácita. Os alunos simplesmente a identificam e concordam mutuamente, sem a necessidade de maiores explicações. Que particulares da figura os alunos integraram para chegar a essa categoria perceptual? Consideramos essa identificação como possivelmente tácita porque os particulares que a compõem têm um papel subsidiário. Eles não são o foco da atenção dos alunos, ainda que em um diálogo posterior alguns desses particulares possam ser explicitados (POLANY, 1983). No estabelecimento de uma nova coordenação entre a tensão no barbante (T) e a aceleração centrípeta (a_c) (linhas 136-142), os alunos demonstram ter dúvidas quanto ao significado de a_c . Ivo tenta identificar a_c com outra força da figura, procedimento não reforçado por Lúcio, que parece entender que o movimento representado não tem aceleração. Ivo elabora outra coordenação, parecendo resgatar algo já conhecido por ambos. Ele não completa o enunciado, mas é seguido por Lúcio. Este abandona uma possível idéia de movimento com aceleração nula e relaciona a aceleração centrípeta à força que muda a direção da velocidade. Faz ainda enunciados incompletos mas é compreendido e apoiado por Ivo. A legenda da figura sequer é mencionada e não há indicadores de que ela contribui com algo na interpretação.

Ivo e Lúcio já haviam participado de atividades com experimentos e com simulações antes da resolução desse exercício. Interpretamos essa transcrição inteira como uma evidência de distribuição da cognição. A mediação principal é a figura de um livro onde está inscrito um conjunto de relações e atributos não evidentes por si mesmos. No momento em que Ivo lê o enunciado, a dupla estabelece uma sintonia que possivelmente remonta às atividades anteriores. A partir daí, uma série de enunciados incompletos são proferidos. A fala incompleta de um faz emergir coordenações novas, também enunciadas incompletamente. Trata-se de uma construção conjunta na qual não é possível delimitar, ao longo do processo, a contribuição individual. Na sequência seguinte, os diálogos se dão entre um professor colaborador, que acompanhou uma das subturmas durante a resolução e correção dos

exercícios do livro, e a dupla Ivo e Lúcio. Na sequência 2 desse episódio, mostramos o diálogo durante a correção do exercício que foi objeto de discussão na sequência 1.

Sequência 2

143. Professor: Na figura 5.21a, qual das forças mostradas faz com que a velocidade do corpo mude constantemente de direção?
144. Ivo: T não é? *(em voz mais baixa sem dirigir-se diretamente ao professor)*
145. Lúcio: Força T *(com a mesma atitude de Ivo, concordando)*.
146. Professor: Na figura 5.21a lá, é....tem quantas forças mostradas aí?
147. Ivo: Normal... *(ainda sem dirigir-se diretamente ao professor)*.
148. Lúcio: Tem a normal, o peso e a força T *(dirigindo-se, com voz mais alta ao professor, com parte da frase sendo também repetida por Ivo)*.
149. Professor: Normal, o peso e a tensão na corda. *(concordando com a resposta proferida pela dupla, mas dirigindo-se à turma inteira)*.
150. Lúcio: Ham...ham *(concordando)*.
151. Professor: Certo? Qual dessas forças aí que é responsável por fazer...
152. Lúcio: A tensão na corda *(seguido quase simultaneamente por Ivo)*
153. Professor: A tensão....por que vocês chegaram a essa conclusão? *(agora, não mais se dirigindo a toda a turma, mas à dupla Ivo e Lúcio)*.
154. Ivo: Como é que é?
155. Professor: Ham?... Por que cês chegaram a essa conclusão?
156. Lúcio: Ah, meio óbvio, né?
157. Professor: Não, óbvio não... então, se é óbvio é porque você pensou em alguma coisa. Daí é óbvio né?
158. Ivo: É a única que muda a direção do...
159. Lúcio: É..
160. Ivo: É a única força que muda a direção do...
161. Lúcio: É porque tá voltada para o centro, uê...
162. Professor: Ah!! Bom né? A característica da força centrípeta é o quê?...Ela tá sempre apontada para o centro da trajetória. Já conhecendo a trajetória, é a única força que tá apontada para o centro aí. As outras duas são perpendiculares à trajetória. Certo?...

Análise da sequência 2: o procedimento de ‘destacar, nomear, justificar’ como estratégia de identificação e elaboração sobre uma categoria perceptual

Lúcio e Ivo, de um conjunto de forças representadas na figura do livro, identificaram a tensão como força centrípeta. O professor pediu para que os alunos identificassem as forças e eles o fizeram corretamente. Houve, portanto, uma primeira correspondência entre aspectos destacados pelo professor e aqueles que os alunos conseguiram distinguir na figura.

Após a pergunta acerca de qual das forças muda a direção do vetor velocidade, apontaram a tensão no barbante. A dupla, protagonizada por Lúcio, enuncia a resposta dada durante a solução do exercício. O professor cisma, e pergunta o porquê. A dupla fica sem saber o que dizer. Jorge afirma que isso é meio obvio. O professor insiste, força os alunos a produzirem uma justificativa. Os alunos elaboram nova coordenação e explicitam características da força centrípeta: ‘é a força que altera a direção do...’; ‘é a força que aponta para o centro’. Veja que a primeira característica, dita de forma incompleta, não pode ser apreendida da figura, mas está presente no enunciado da questão. Ambas são propriedades de F_c enfatizadas nas atividades com experimentos e com simulações, realizadas anteriormente. Ao enunciar essas características, os alunos reeditam sua história de interações com o tema.

O que favoreceu enunciar a coordenação ‘a tensão no barbante é a força centrípeta’ (F_c) e, em seguida, explicitar relações entre elementos dessa coordenação que incluem uma categoria perceptual conjugada a propriedades de F_c ? Destacar um aspecto na figura, nomeá-lo e justificar o procedimento é uma descrição sucinta da sequência de passos de discussão dessa representação. Os enunciados proferidos no desenvolvimento dessa sequência simples, bastante comum em uma sala de aula, permitem uma aproximação das informações perceptuais produzidas pelos alunos, e uma reflexão subsequente sobre elas. O professor, insistindo na justificativa, e apostando na possibilidade de os alunos a fazerem, favoreceu bastante esse processo.

No caso desse episódio envolvendo a identificação da força centrípeta em figura do livro, a correspondência entre a informação dita pelos alunos e a esperada pelo professor certamente favoreceu o procedimento ‘identificar aspectos na figura, nomear, justificar’. E se fosse um caso de não correspondência, de produção de informação perceptual ‘não apropriada’? É o que se deu em diálogo entre uma aluna de outra subturma e o relator dessa pesquisa, na interpretação da mesma figura, com as mesmas questões. Nesse caso, o professor não cria condições para que a aluna expresse suas categorias perceptuais. Ela tem dificuldades em identificar as forças, em nomeá-las. Diante do silêncio, parecendo sinalizar um obstáculo que não será transposto, o professor dirige excessivamente a interpretação da figura. Pergunta e responde. A aluna pouco fala. O que ela viu na figura? Talvez tenha produzido informação

perceptual ‘não apropriada’, diferente da que o professor quer obter. Esse trecho poderia ser interpretado como a percepção do aluno sendo colocada em segundo plano, ou sequer sendo considerada. É preciso saber inicialmente o que o aluno vê na figura. Perceber precede predicar. É preciso partir da fala do aluno, inferir as categorias perceptuais que elaborou. Essas são as mais elementares e sobre elas se constróem os conceitos.

Embora procedimentos tais como ‘identificar aspectos na figura, nomear, justificar’ possam parecer muito corriqueiros, é comum que, diante de uma dificuldade ou da resistência dos alunos em produzir uma justificativa, o professor é quem o faz, movido pela necessidade de avançar na discussão do tema. Perde-se, então, a oportunidade de refletir sobre a informação elaborada por um ou mais alunos, que pode estar próxima ou distante de, por exemplo, uma interpretação correta de uma certa representação. Deter-se mais sobre uma informação perceptual, discutí-la, incluí-la em uma elaboração mais coletiva, pode significar uma diferença qualitativa na criação de oportunidades de aprendizagem. Afirmamos, mais uma vez, com base em uma visão situada da cognição, de que falar não é explicitar o que está dentro, mas uma forma de mudar o que está dentro.

5.3 - COMPARAÇÃO DE MCU DE MESMA FREQUÊNCIA E RAIOS DIFERENTES

Episódio 4

Transcrevemos e discutimos, a seguir, o episódio 4, no qual os alunos Evandro e Mário interpretaram duas animações simultâneas de movimentos circulares com raios diferentes. Para facilitar a descrição, o movimento, com maior raio, será designado pelo número 1, e o de menor raio, por 2, notação utilizada pelos alunos. Estes foram solicitados para comparar as seguintes grandezas de cada movimento: período (T), frequência (f), velocidade linear (v) (tangencial), e aceleração centrípeta (ac). As equações para o cálculo dos valores de v e ac estavam escritas na tela.

Seqüência 1

163. Mário: Observe os movimentos representados na tela e compare seus períodos, frequências, velocidades lineares e acelerações centrípetas... *(Lê em voz alta o enunciado da tarefa proposta na tela e pede a Evandro que acione a animação.)*

Observam a animação por alguns instantes...

164. Evandro: São as mesmas.

165. Mário: Ahn, Ahn.. *(Com entonação de negativa.)*

166. Evandro: São as mesmas.

Observam a tela por mais alguns instantes.

167. Mário: A velocidade desse aqui é maior (*Aponta para o movimento 1 na tela*). Tá vendo?... Eles pra percorrer...Sab..Olha! Porque que a velocidade desse aqui é maior. Aqui ó.. eles estão percorrendo no mesmo intervalo de tempo a mesma volta né? (*Percorre com os dedos a trajetória de 1 e, em seguida, aponta com o dedo a posição em que 2 completaria uma volta.*)

168. Evandro: É.

169. Mário: Pan...Eles vão terminar...aqui ó. Eles vão terminar..*(Faz uma pausa esperando as animações completarem uma volta.)*...Pan... Viu? Só que esse aqui (*acompanhando com o dedo a trajetória de 2*) percorre mennnnos! Esse aqui (*refazendo com o dedo a trajetória de 1*) percorre muito mais! Não é?

170. Evandro: O período do de cá (*apontando para 2*) é menor.

171. Mário: A velocidade desse aqui (*apontando para o movimento 1*) é maior. Não é?

172. Evandro: Logo.... as velocidades...

173. Mário: Observe os movimentos representados na tela e compare os seus períodos (*relê o enunciado*)...O que que é período? É o tempo que ele gasta...para dar uma volta, não é? Então os períodos são iguais.

Enquanto Mário retoma a definição de período, Evandro acompanha explicação do colega fazendo movimentos afirmativos com a cabeça.

Análise da sequência 1: O que é igual, o que é diferente?

A dupla observou atentamente a evolução dos dois movimentos circulares na tela. Para Evandro, o que se destaca é uma igualdade entre os movimentos, expressa no enunciado ‘são as mesmas’ (linhas 164 e 166). Nesse ponto, não é possível inferir o que ele percebe como invariante. Mário, por sua vez, já explicita a diferença entre as velocidades dos movimentos. Discorda do enunciado de Evandro, supondo que ele tivesse afirmado a igualdade das velocidades. Esse primeiro debate entre os dois é todo desenvolvido com a animação em movimento. Enquanto expõe seu argumento, Mário percorre a tela com o dedo acompanhando a animação e procurando mostrar que em um mesmo intervalo de tempo, a bola, no movimento 1, percorre maior distância. Evandro acompanha atentamente o argumento do colega. Não explicita o que é igual para ele. Associa período, na linha 170, a comprimento de uma volta ou a velocidade. Contudo, ao longo da atividade, na medida em que dialoga com

Mário, vai categorizando sua percepção inicial da tela, estabelecendo igualdades e diferenças. É o que será mostrado nas seqüências seguintes.

Seqüência 2

A dupla mede o período utilizando a janela de controle, isto é, parando as animações no instante em que as bolas completam uma volta e medindo o tempo registrado no cronômetro: 10s. Constatam numericamente a igualdade dos períodos e passam à comparação das freqüências dos movimentos. Mário propõe que a animação seja interrompida no instante 1s. Evandro executa o procedimento e os alunos se deparam com uma imagem na qual as bolas ‘varreram’ o mesmo ângulo, porém ao longo de arcos de comprimentos diferentes.

174. Mário: É. 10 segundos.... Agora...freqüência.

175. Evandro: Freqüência é o inverso do período. Se o período é 10, uma volta a cada 10 segundos...

176. Mário: Qual.. O que dá em 10 segundos? Tem que ter um...

177. Evandro: O quê?

178. Mário: O tanto que eles vão andar...

Análise da seqüência 2: argumento algébrico x medida de ângulos iguais correspondentes a arcos de comprimentos diferentes.

Esse pequeno trecho foi destacado porque ele indica as posições de Evandro e Mário na tarefa de comparar as freqüências. Evandro trabalha a relação entre período e freqüência e com um argumento algébrico afirmará a igualdade dos períodos e freqüências respectivas. Mário, ao querer expressar ‘O tanto que eles vão andar...’(linha 178), mostra o objetivo de fazer uma medida a partir das imagens na tela. Nas transcrições seguintes, mostramos que ao buscar um valor para freqüência, Mário quer sustentar a compreensão de que as freqüências são diferentes.

Seqüência 3

Após um período de impasse, a dupla chega a um acordo sobre o que estava sendo solicitado: comparar as grandezas sem que seja preciso fazer medidas e cálculos. Essa era a compreensão inicial de Evandro.

179. Mário: Só isso?...Vou consertar aqui (*referindo-se à folha de respostas*)...Circular 1...
Circular 2... Iguais (*referindo-se à primeira linha da coluna relativa aos períodos*)
I..guais... Freqüência...

180. Evandro: Iguais. A freqüência é igual.

181. Mário: Não, vai ser ... a 1 vai ser maior. Freqüência...

182. Evandro: Não.
183. Mário: Vai ser sim sô..
184. Evandro: Não... Sendo que a frequência é o inverso do período.
185. Mário: Ahn?
186. Evandro: Se a frequência é o inverso do período... os dois... se tendo o mes... o mesmo período... vai ter a mesma frequência.
187. Mário: Mas...
188. Evandro: Mas o quê?
189. Mário: Qué vê? O que que é o período?
190. Evandro: O período é o tempo que ele gasta para dar uma volta.
191. Mário: Os dois gastaram o mesmo tempo para dar uma volta.
192. Evandro: O mesmo tempo para dar uma volta. *(falando quase ao mesmo tempo que Mário.)*
193. Mário: Agora, manja uma coisa.
194. Evandro: O que que é frequência?... É o inverso do período.
195. Mário: É o tanto que eles andam em '1s'.
196. Evandro: Eles andaram a mesma coisa.
197. Mário: Agora manja... isso aqui *(percorrendo com o dedo o arco descrito em 1s no movimento 1)* é muito mais do que isso *(fazendo o mesmo para o arco do movimento 2)*. É o dobro. Não é? Agora fala... onde foi que eu errei? Onde eu errei? *(fala a segunda vez cantando, com ar de vitória)*

Evandro acha graça, ri.

198. Evandro: A frequência é o inverso do período.
199. Mário: Mas eu sei disso... mas eu quero uma forma mais de achar a frequência...
200. Evandro: Quando você fizer o cálculo para os dois vai dar o mesmo resultado.
201. Mário: É... mas aí vai ter que fazer separado. Aí são duas para comparar...
202. Evandro: Vai dar o mesmo resultado...
203. Mario: ...Um maior, outro menor... não é? Cê não concorda comigo não?
204. Evandro: Eu tô apostando no igual.
205. Mario: Ahn?
206. Evandro: Eu tô apostando no igual.

Análise da Sequência 3: evolução de um dos pares

Começamos destacando os enunciados de Evandro. Inicialmente, na Sequência 1 (linhas 164 e 166), ele identificou uma igualdade entre os movimentos, mas não conseguiu associá-la corretamente com as grandezas envolvidas na descrição dos mesmos. Embora

estivesse confundindo frequência e velocidade linear, Mário foi capaz de explicitar a igualdade dos períodos e a diferença entre as velocidades, o que foi compreendido por Evandro com o auxílio das animações, da possibilidade de manipulá-las, de observar, em ritmo lento, a evolução de ambas, completando uma volta ao mesmo tempo, mas percorrendo distâncias diferentes. Uma vez capaz de utilizar as grandezas do modelo para estabelecer igualdades e diferenças entre os movimentos, Evandro deu um salto. Mostrou uma melhor compreensão da natureza da tarefa e, apoiando-se na relação algébrica entre período e frequência, afirmou a igualdade das frequências ainda que não soubesse mostrá-las na tela. Assim como para Mário, para ele também, o que sobressaía era a diferença no comprimento dos arcos.

Interpretamos toda a elaboração dessa dupla e o crescimento de Evandro como mais uma evidência da natureza distribuída da cognição. Além de estar para além do aprendiz, articulando em uma única totalidade, o sujeito e diferentes fontes do ambiente - outros interlocutores, artefatos de diferentes tipos como as animações manipuláveis na tela do computador – o caráter distribuído da cognição implica na evolução permanente do conjunto de fontes envolvidas. Na medida em que intensificam o diálogo em torno da tarefa proposta, Evandro e Mário, mediados pelas animações do *Modellus*, conjuntamente, tornam-se mais capazes de detalhar a cinemática do movimento circular, de explorar as animações de formas diferenciadas, de apresentar argumentos mais elaborados, de fazer novas construções. Especificamente, no caso de Mário, a evolução de Evandro implicou em uma discordância que, mediante a intervenção do professor, levou Mário a diferenciar velocidade de frequência.

Seqüência 4

Mário retoma a afirmação de que as frequências são diferentes. Evandro insiste que são iguais. Chega o professor. Evandro repete seu argumento, baseado na relação algébrica entre período e frequência, e o professor afirma que está correto. Mário discorda e chama a discussão para si. O professor retoma a definição de frequência, destaca com a participação dos alunos que, para os movimentos em questão, ela é menor que a unidade. Retoma a definição de período e repete a sua medida na tela, operando a janela de controle e parando a animação no instante em que a bola completa uma volta.

207. Evandro: Dá '10'.

208. Professor 1: Uma volta,... '10s'. Período, ... 10s. Frequência é o quê?... o inverso do período. Então qual que é a frequência aí? ... '0,1'... '0,10'.

209. Mário: Mas...olha só fessor (*falando junto com o Professor 1 quando este terminava o enunciado anterior*). Mas olha...
210. Professor 1: Ahn..
211. Mário: Ele... coloca...
212. Evandro: Em '1s'? Quer...
213. Mário: É '1s' lá.
- Mário propõe, sem completar o enunciado, que Evandro interrompa a animação no instante 1s, medido pelo cronômetro da tela. É prontamente atendido por Evandro..*
214. Mário: Põe lá '1s'.
215. Professor 1: Tudo bem.
216. Mário: A lá, tá vendo?
217. Professor 1: Qual que é a dúvida?
218. Mário: Esse espaço que ele percorreu aqui (*percorrendo com o dedo o arco descrito no movimento 1*) é maior que esse (*fazendo o mesmo para o arco descrito no movimento 2*).
219. Professor 1: O espaço é maior... O espaço é maior... Só que tem o seguinte... O período e a frequência vai ser (sic)... O período não depende do...
220. Mário: Do espaço...
221. Professor 1: Do espaço que ele percorreu. ... do tempo que ele tá levando. Por exemplo, agora vou te perguntar...Aí você, ... é... as velocidades lineares deles são diferentes, ou são iguais?
222. Mário: São diferentes.
223. Professor 1: Qual que é mais rápido?
224. Mário : É esse aqui (*aponta para o movimento 1*)... porque...
225. Professor 1: Ele tá percorrendo...
226. Mário: Um espaço maior...
227. Professor 1: No mesmo intervalo...
228. Mário: No mesmo tempo que o outro (*falando praticamente junto com Professor 1*).
229. Professor 1: Beleza...A velocidade dele é maior (*apontando para o movimento 1*). Não é isso?
230. Evandro: Isso.
231. Professor 1: Você me entendeu?
232. Mário: Até aí correto.
233. Professor 1: Só tem que... o conceito de frequência e período independe... Se ele tá aqui pertinho (*fazendo uma pequena circunferência com o dedo indicador*) ele tá

rodando...aqui...ele tá dando uma volta. Rodando aqui assim...*(volta a fazer uma pequena circunferência)* ele dá uma volta. Rodando aqui assim ó *(fazendo agora uma circunferência de maior raio, mas aproximadamente concêntrica à anterior)* ele tá dando uma volta. Do mesmo jeito.

234. Evandro: O importante é dar uma volta.
235. Mário: Ah... é verdade.
236. Professor 1: Entendeu?
237. Mário: É a mesma coisa que espichar a corda.
238. Professor 1: É.
239. Mário: Pode botar pequenininha que vai dar uma volta mesma coisa... pode botar grande que vai dar a mesma volta...
240. Professor 1: A mesma volta.
241. Mário: É isso aí, fessor, muito obrigado.
242. Professor 1: Entendeu também? *(dirigindo-se a Evandro, com satisfação)*.
243. Evandro: Entendi. É igual a ... aquela lei que o Galileu chegou...Diz que independente do tamanho do barbante...é isso mesmo... isso e isso...agora entendi porque ele falou aquilo. Depois de tantos anos. Tô até emocionado.

Risos. Passam para a atividade seguinte.

Análise da Sequência 4: sabemos mais do que podemos dizer

Para resolver o impasse em torno da igualdade das frequências, o professor reforça o argumento da relação algébrica entre frequência e período, mas esse argumento não é suficiente para Mário, que retoma a diferença entre os comprimentos dos arcos para sustentar a diferença entre as frequências. O professor tenta então mostrar que a diferença nos comprimentos dos arcos justifica a diferença de velocidades e, a seu modo, faz ver a Mário que a unidade de medida de frequência é outra, que a referência para se medir frequência é a ‘volta inteira’, que arcos de comprimentos diferentes podem todos corresponder a ‘uma volta inteira’. Nem tudo é dito nesse diálogo com o professor, mas os enunciados das linhas 237 e 239 atestam a compreensão de Mário. A fala final de Evandro, na linha 243, parece indicar que nessa discussão algo mais ficou para ele, embora ele não consiga dizê-lo. Ousando um pouco mais na inferência, poderia ser a relação constante entre o perímetro da circunferência e o raio, cuja proposição Evandro atribuiu a Galileu.

Que conclusões extrair da análise desses episódios?

5.4 – PRÁTICAS DE INTERPRETAÇÃO

5.4.1 - Categorias perceptuais e elaboração de conceitos

Ilustramos o que denominamos categorias perceptuais, nos episódios 1, 2 e 3. As categorias perceptuais são coordenações conceituais elementares produzidas pelos alunos. Destacamos também o que os alunos elaboraram a partir delas e como os orientadores participam da produção de coordenações de ordem mais alta com base nas categorias perceptuais. As evidências construídas na apresentação desses episódios provêem a base para o argumento de que a percepção exerce um papel importante, não periférico, na elaboração de conceitos. Permitem afirmar, corroborando GREGORY (1995), que as percepções são muito mais ricas que os dados sensíveis disponíveis, que o ato de perceber é em si uma criação inteligente, ainda que nem sempre leve à interpretação correta de uma representação, à construção e interpretação de modelos em acordo com os padrões científicos.

O argumento que temos construído da análise das interações dos alunos, nos diferentes ambientes, especialmente aquele envolvendo interpretação de simulações, é o de que, em nossa prática docente, prestamos mais atenção e atuamos, sobretudo, no domínio da explicação, do registro, direcionando o processo de compreensão para patamares cada vez mais elaborados e abstratos. Poucas vezes, se é que o fazemos, partimos do domínio espaço-temporal e invertemos o sentido da interação para a experiência primária vivida pelos alunos, não completamente acessível, não completamente comunicável, mas matéria fundamental para a produção de conhecimentos comunicáveis.

O complemento desse argumento consiste em afirmar o foco na percepção como um caminho promissor para efetivar essa inversão. Antes de passar rapidamente, ou afoitamente, ao domínio do explicado, ater-se ao domínio do percebido, ao domínio das categorias perceptuais. Navegar do objeto transcendido e comunicado para a experiência vivida da qual emergiu. O que percebeu, o que sentiu o nosso aluno? Empregar mais tempo nessas perguntas, indagar-se sobre os particulares do meio que ele integrou, sobre as diferenças que fizeram diferença para ele. Esses elementos contribuem fundamentalmente para as compreensões que elabora o nosso aluno, para os modelos que constrói e como os representa, para os enunciados que produz na explicação de um problema.

5.4.2 -Tempo vivido e tempo medido

Nas seqüências 1 e 2 do primeiro episódio deparamo-nos com o descompasso entre tempo vivido e tempo medido. Esse descompasso, ou mesmo ambigüidade, se revela na

percepção acertada dos alunos, que cobravam outra unidade, diferente de 1s, para a medida de tempo exibida na tela. Não considerar esse obstáculo significou colocar em segundo plano o caráter de representação das simulações do *Modellus*. Com base em nosso estudo sobre fenomenologia, apoiados por ROY et al (1999), desenvolvemos os conceitos de intencionalidade longitudinal e intencionalidade transversal e exemplificamos como esses conceitos poderiam ser utilizados na compreensão da consciência do tempo. Entendemos que a diferenciação entre tempo objetivo e o tempo da experiência vivida contribui para descrever certas situações de um modo novo, o que pode levar a uma melhor compreensão do fenômeno da cognição. Essa articulação se aplica ao presente episódio envolvendo a percepção do descompasso entre tempo da animação e tempo do cronômetro da tela.

Retomando a compreensão que apresentamos no capítulo 3, o tempo objetivo é o tempo medido, delimitado e contado em intervalos regulares, expressando uma intencionalidade transversal, que secciona. O tempo vivido não é fragmentado, é o fluir contínuo, expressão de uma intencionalidade longitudinal. Destacamos a reação imediata dos alunos diante do descompasso entre o tempo de evolução da animação e o tempo medido no cronômetro da tela, a busca de melhor ajustar o registro, de buscar um intervalo que melhor descrevesse o apreendido, ilustrado pela iniciativa de cronometrar o período da animação com um relógio de pulso.

Usando a linguagem da fenomenologia, dizemos que o fluxo da animação, ‘vivido’ pelos alunos, é o domínio de um presente apreendido que se constitui da retenção de um evento passado e da projeção ao evento futuro. Dessa interação, emerge o sujeito que conhece e comunica, que busca seccionar tal experiência, para alcançar um nível diferente de compreensão, que possibilite uma intervenção menos imediata, mais mediata, e, pretensamente, com maior profundidade numa certa direção, definida por seus desejos e intenções. No caso dos alunos, produzir um registro que melhor descreva aquela observação, que passa, então, da condição de uma experiência vivida para uma experiência comunicável.

5.4.3 - Representações dinâmicas e construção de modelos

Exploramos as animações do *Modellus* como representações dinâmicas e manipuláveis de um modelo físico. Não utilizamos o software para simular fenômenos. Ainda assim, a análise do episódio 4 apresenta indicadores que convergem com a seguinte hipótese apresentada por NERSESSIAN (1992): as simulações em computador podem ser tomadas como um sistema de ferramentas de quem pensa, artefatos que podem levar os estudantes a analisar os fenômenos num nível de abstração suficiente para compreender a estrutura

genérica dos modelos, podendo então transferir sua compreensão de um problema para outro. Para Nersessian, experiências práticas podem ser complementadas por simulações em computador dos mesmos fenômenos vistos no laboratório, num nível de abstração intermediário, entre o objeto do mundo real e o objeto científico, adequado para as situações de ensino.

As interações de Evandro e Mário, no episódio 4, evidenciam as simulações do *Modellus* como esse sistema de ferramentas para pensar. Em um processo de cognição distribuída, evoluem suas capacidades de compreensão do modelo do movimento circular na medida em que vão diferenciando seus elementos: período, frequência, velocidade linear. Nessa investigação identificamos diferentes estilos de conduta dos alunos diante das tarefas propostas em cada ambiente. A forma como Evandro e Mário desenvolvem a atividade com o *software* evidencia o ambiente com simulações como esse nível intermediário de abstração entre objetos do mundo real e objeto científico, efetivando uma oportunidade para aprender. Na medida em que operaram sobre as representações, foram progredindo na compreensão de aspectos do modelo, em um nível maior de generalidade. Entretanto, é preciso salientar que nem todos os alunos apresentaram a mesma desenvoltura e engajamento dessa dupla.

5.4.4 - Manipulação de símbolos em equações como objetos concretos

A manipulação das representações no quarto episódio criou condições para que a relação entre período e frequência fosse tratada para além de um rearranjo de símbolos como se esses fossem objetos concretos. Esse tipo de procedimento é destacado por ARONS (1983) ao discutir o raciocínio aritmético envolvido na divisão. Arons afirma que muitas vezes a manipulação de uma fórmula pode representar uma operação concreta, no sentido piagetiano, isto é, os alunos não estão raciocinando algebricamente, estão apenas dispondo os símbolos em padrões com os quais têm familiaridade, tratando-os como objetos concretos. A obtenção da resposta correta pelo aluno nem sempre demonstra a compreensão e domínio do raciocínio envolvido.

Observar na tela a fração de arco de circunferência ‘varrido’ em 1s suscitou questões de interpretação e elaborações que aproximaram os alunos do raciocínio aritmético envolvido na relação entre período e frequência, ainda que essa possibilidade não tenha sido completamente explorada. Evandro utilizou corretamente a relação algébrica para sustentar a igualdade das frequências (f) a partir da igualdade dos períodos (T). A imagem na tela suscitou em Mário uma atitude de ir além dessa consequência algébrica, o que possibilitou elaborar melhor a definição de frequência e criar condições para se diferenciar comprimento

de um arco e o ângulo que lhe corresponde. O cálculo da frequência através da aplicação direta da relação $f = 1/T$, ilustrada por uma representação estática no livro didático, seria um contexto diferenciado, com menores chances de esse tipo de dúvida aparecer? Essa mesma questão se aplicaria à atividade experimental, uma vez que é difícil ‘parar’ o movimento e, portanto, relacionar intervalo de tempo com o arco de circunferência descrito.

Nesse capítulo, procuramos dar consequência ao foco nas práticas de interpretação dos alunos e mostramos como a percepção se faz presente nessas práticas. Destacamos as oportunidades de aprendizagem que podem ser criadas na medida em que tematizamos as categorias perceptuais produzidas pelos alunos em nossos diálogos com eles.

Acreditamos ter apresentado evidências da distribuição da cognição, quando tomamos como unidade de análise o aluno e as diferentes fontes do ambiente – incluindo outros alunos e professor – com as quais interage na realização de uma atividade. Em um ambiente com simulações, salientamos as possibilidades abertas para a interpretação e elaboração de modelos bem como para a compreensão de relações matemáticas quando os alunos podem manipular representações dinâmicas.

No entanto, a nossa investigação se desenvolveu com um duplo foco. As atividades, envolvendo a elaboração e interpretação de representações, ocorreram em uma comunidade de prática, a sala de aula, cujos etnométodos procuramos identificar. Esse é o tema do próximo capítulo.

CAPÍTULO 6

ELEMENTOS DE DESCRIÇÃO DA SALA DE AULA

Após a realização do estudo exploratório, em 2000, e a gravação de mais duas seqüências de ensino, em 2001, articulando diferentes ambientes de aprendizagem, tratamos todo o material empírico, até então produzido, seguindo a estratégia de ‘mapeamento com construção de narrativas’, descrita no capítulo 3. Vencida a primeira etapa dessa estratégia, tínhamos em mãos um caderno de notas, contendo:

- descrições produzidas logo após a realização das gravações;
- descrições de situações vividas em sala de aula, realizadas em momentos bem posteriores às gravações, mas antecedendo mais uma rodada de observação dos registros em áudio e vídeo;
- narrativas sobre os destaques feitos durante a observação do material empírico;
- sínteses e hipóteses elaboradas durante a observação do material empírico. Essa observação foi interrompida sistematicamente, devido ao número de horas de registro em áudio e em vídeo. Cada nova rodada de observação era precedida de uma leitura cuidadosa das narrativas, até então produzidas, e de um exercício contínuo de sistematização.

Toda essa coleção de descrições e reflexões, compondo o caderno de notas, constituiu-se em um conjunto de dados de segunda ordem, com várias possibilidades de exploração, seja para sustentar indicadores do estudo exploratório, seja para retratar de forma mais substantiva as ações práticas de alunos e professor e os elementos relativos a indicialidade e reflexividade do contexto pesquisado.

A construção de narrativas, a partir dos destaques feitos na observação do material empírico, se afirmou como uma boa estratégia de descrição e de reflexão sobre a ação.

Os quadros 9 e 10 retratam, em ordem cronológica, as atividades cujas narrativas têm trechos destacados neste capítulo, ou cujos diálogos foram transcritos no capítulo anterior. A apresentação desses quadros visa situar melhor o leitor, uma vez que, neste capítulo, os trechos de narrativas estão agrupados segundo diferentes temas, discutidos em cada núcleo de descrição.

Turma de 2000: Seqüência de ensino sobre movimento circular uniforme		
Experimento com força centrípeta	Exercícios com lápis e papel	Atividade com simulações
Jonas, Beatriz e Hélio 09/09/2000	Beatriz e Hélio 14/09/2000	Beatriz e Hélio 16/09/2000 →
Miriam, Valter, Evandro e Mário – 16/09/2000	Evandro e Mário 14/09/2000	Evandro e Mário 09/09/2000 ←
Turma de 2001: Seqüência de ensino sobre composição de velocidades		
Aula expositiva	Experimento com lançamento horizontal de projéteis	Atividade com simulações
	Meire, Elisa, Joana, e Paula Não quiseram participar da gravação – 03/04/2001 →	Meire e Elisa 05/04/2001 áudio →
	Ivo, Lúcio, Lúcia e João Gravação perdida: problemas com a filmagem – 03/04/2001 →	Ivo e Lúcio 05/04/2001 áudio e vídeo →
	Danilo, Lucas, João e Evaldo 05/04/2001 áudio e vídeo ←	Danilo e Lucas 03/04/2001 áudio e vídeo ←
QUADRO 09 - APRESENTAÇÃO CRONOLÓGICA DAS ATIVIDADES E SEUS PARTICIPANTES 1		
As narrativas dessas atividades têm trechos apresentados neste capítulo.		
Obs.: As setas indicam a cronologia de desenvolvimento das atividades pelos grupos.		

Turma de 2001: Seqüência de ensino sobre movimento circular uniforme			
Exercícios com lápis e papel: cinemática	Experimento com força centrípeta	Atividade com simulações	Exercícios com lápis e papel: dinâmica
Cássio e Alfredo 29/03/2001 áudio e vídeo	Cássio, Fabrício, Alfredo e Everaldo 12/06/2001 Áudio →	Alfredo e Fabrício 19/06/2001 áudio →	Alfredo e Fabrício 21/06/2001 áudio
	Ivo, Lúcio, Lúcia e João – 12/06/2001 áudio e vídeo →	Ivo e Lúcio 19/06/2001 áudio e vídeo →	Ivo e Lúcio 21/06/2001 vídeo
Meire e Elisa 29/03/2001 áudio	Meire, Elisa, Paula e Joana – 19/06/2001 áudio ←	Meire e Elisa 12/06/2001 áudio ←	Meire e Elisa 21/06/2001
	Danilo, Lucas e Julia – 19/06/2001 áudio e vídeo ←	Danilo e Lucas 12/06/2001 áudio e vídeo ←	Danilo, Lucas e Julia 21/06/2001 áudio e vídeo

QUADRO 10 : APRESENTAÇÃO CRONOLÓGICA DAS ATIVIDADES E SEUS PARTICIPANTES.2

As narrativas dessas atividades têm trechos apresentados neste capítulo.

Neste capítulo, agrupamos trechos do caderno de notas. Esses trechos são núcleos a partir dos quais elaboramos uma descrição mais ampla da prática de sala de aula. Essa descrição ultrapassa os trechos selecionados para apresentação e expressa elementos de reflexão do pesquisador sobre a sua ação docente e a dos demais atores do ambiente da pesquisa. Ainda que expressão de uma intencionalidade transversal, que recorta a experiência vivida, para refletir sobre ela e para descrevê-la, consideramos que a elaboração de narrativas é uma maneira de retratar o vivido de forma mais inteira e com mais detalhes. Certamente isso se faz na perspectiva e a partir das intenções de quem recorta e conta a história.

6.1 – O OLHAR PARA UMA SALA DE AULA EM SITUAÇÃO DE PESQUISA.

Nota 1: Introdução à descrição das atividades realizadas em 29/03/01 e 03/04/01. Essa descrição foi feita após o término de uma sequência de seis aulas envolvendo a realização de exercícios sobre cinemática do movimento circular (primeira gravação em 2001), experimento com lançamento horizontal de projéteis e atividades com simulações sobre composição de velocidades.

“Hoje completo uma sequência de gravações envolvendo o trabalho com composição de velocidades. A gravação dessa sequência não estava prevista. Contudo, o re-visitar o texto do projeto e o repensar alguns aspectos da etnometodologia levaram-me a cuidar para que houvesse um tempo maior de uso da câmera e do gravador no ambiente de sala de aula, assim como a importância de se dispor de um número maior de horas de registro. Isto pode facilitar uma visão de conjunto dos processos que ocorrem na turma pesquisada. Seguem comentários feitos após as aulas de 29/03 e 03/04 , quando realizamos gravações.”

Nota 2: Descrição da aula de resolução de exercícios sobre cinemática do movimento circular uniforme; data de realização da atividade: 29/03/01; data da descrição: 05/04/01

“Nesse dia, trabalho com duas aulas intercaladas pelo recreio. Na primeira aula, convidei a turma a colaborar com a pesquisa. Apresentei o objetivo da pesquisa: compreender melhor os procedimentos que os alunos utilizam para interpretar representações no contexto das aulas de Física. Expliquei como seria a dinâmica do levantamento de dados, com registros em áudio e em vídeo. A turma se mostrou curiosa e receptiva ao empreendimento. Embora eu tivesse preferência

por gravar algumas duplas de alunos que têm demonstrado mais engajamento e desenvoltura na realização das atividades propostas, optei por sortear as duplas cujas atividades seriam gravadas.

A turma em questão é de repetentes. Se eu escolhesse de antemão as duplas, temia ferir a autoestima daqueles mais calados, com mais dificuldades escolares, que já têm uma tendência, por diferentes motivos, a se excluírem do processo. Feito o sorteio de quatro duplas, duas agrupavam alunos com esse perfil. Uma delas seria filmada. Mais uma vez, ela foi consultada se concordava em participar da gravação. Ambos os alunos disseram que sim. Passamos, então, na aula seguinte, a realizar a atividade de resolução dos exercícios de fixação (EF).

Apresentei como objetivo da atividade aplicar os conceitos e equações do movimento circular uniforme (mcu), para descrever um movimento circular, representado no livro, e objeto das questões propostas. Ainda não assisti às fitas, mas uma observação inicial indica que a dupla filmada interagiu pouco, em parte por ser seu estilo, em parte, provavelmente, a principal razão, devido à inibição frente à câmera.

Em relação a essa aula, o principal destaque é o seguinte: ainda que eu esteja filmando 'minha' aula, trata-se de um procedimento invasivo. Não é mais o professor Adelson. O olhar para os fatos muda. Parecem ficar mais evidentes, no transcurso da atividade, as lacunas proporcionadas pela dinâmica, pela estrutura da atividade, pela minha conduta e pelas condutas dos alunos. A expectativa apresentada no projeto de que, ao longo da aula, predominasse o professor desenvolvendo uma certa ação com os alunos não se concretizou nessa gravação. Ocorreu uma alternância. Ao interagir com os alunos, parece que o professor atuava. Ao observar os grupos, mais à distância, estava presente o pesquisador bastante incomodado com o que via, especialmente com a impossibilidade do controle do que efetivamente faziam os diferentes grupos, e a sensação de que o proveito tirado pelos alunos pode ser muito pequeno. É bastante difícil acompanhar 12 duplas, a meu ver, impossível. O acompanhamento está condicionado à solicitação das duplas. Quando falo controle, quero dizer estar ciente, sintonizado com o processo de cada dupla, e isso realmente não é possível. Outro aspecto a destacar é que os alunos parecem gastar muito tempo em tarefas que consideramos, em princípio, triviais, como a reprodução da figura de um

automóvel em movimento circular. O traçado da circunferência é problemático, poucos têm compasso, os alunos acabam gastando tempo em detalhes da figura que não são importantes, como, por exemplo, que o automóvel se pareça com um automóvel. A reprodução da figura consumiu grande parte da aula, o que não estava previsto.

A atividade gravada em 29/03 terá consonância com a seqüência envolvendo dinâmica do movimento circular, quando os alunos serão envolvidos com a interpretação da representação do movimento circular animada na tela do computador. As gravações previstas para 3 e 5 de abril estão relacionadas a outro tópico e devem ser comparadas. O elemento que as articula é o conteúdo desenvolvido na seção 3.5 do livro didático, que tematiza composição de velocidades. Em uma aula expositiva, discuti com os alunos a composição da velocidade de um barco com a velocidade da correnteza, em diferentes situações. Antes da realização das aulas de 3 e 5 de abril, os alunos foram solicitados a estudarem a seção 3.5, que inclui também lançamento horizontal de projéteis.

Nota 3: Descrição das aulas em que foram desenvolvidos o experimento com lançamento horizontal de projéteis e atividades com simulações sobre composição de velocidades; data de realização das atividades: 03/04; data da descrição : 05/04/01

A atividade com o experimento transcorreu com problemas. A professora que seria responsável pela subturma 2, ao saber que seria importante a gravação de sua participação na atividade, tratou de providenciar um substituto e, de 'filmada', assumiu o lugar de 'responsável pela filmagem'. Dois dias antes, tentei convencê-la a participar como orientadora da atividade, durante a filmagem. Isso a pressionou e, mesmo eu tendo dito que seria feito, então, apenas a gravação das ações dos alunos, aquela tentativa de convencimento foi suficiente para que ela providenciasse a substituição. Ela o fez sem conversar comigo. O professor que a substituiu não foi devidamente situado sobre o contexto da atividade. A apresentação da atividade aos alunos foi então um tratamento analítico do lançamento horizontal de projéteis.

Para a subturma que trabalhou com o experimento, ficou evidente o descompasso entre mim e o professor, que, solicitamente, substituiu a referida professora. Ambos chegaram com atraso. Não foi possível conversar com o professor antes de a aula começar. Por isso, não consegui registrar em áudio um dos grupos.

Quando visitei a subturma para garantir o registro parcial da atividade de dois grupos, aqueles previamente sorteados resistiram a ter suas atividades gravadas e criaram um impasse. Optei por não forçar a barra e deixei que a atividade com experimento transcorresse de acordo com as escolhas do professor responsável. A professora, agora responsável pela filmagem, chegou também atrasada, filmou a aula do professor e a atividade de um grupo. A gravação não ficou aproveitável, devido a problemas posteriormente identificados no equipamento.

Acompanhei a subturma que desenvolveu a atividade com simulações. Cassio e Alfredo, anteriormente sorteados para serem filmados, atrasaram-se bastante. Optei por filmar outra dupla que tem demonstrado ser bastante interativa, desde o início do ano: Danilo e Lucas. Esses dois alunos trabalharam bastante, participaram ativamente e, dentre as quatro duplas cujas ações foram registradas, pareceu ser a dupla que melhor proveito tirou da atividade.

Ao final da atividade com simulações, pareceu-me que havia um grande número de telas, pois o trabalho com as telas 6 e 7 foi feito atropeladamente, ao final da aula. A interpretação das telas 1 e 2, sobre composição de velocidades na mesma direção, foi feita com bastante dificuldade pela maioria dos alunos, o que não era esperado. Discutindo com os monitores e com um professor, que conheciam o programa e as atividades propostas, pensamos, inicialmente, suprimir algumas telas, mas verificamos que elas compunham bem o todo e ficou bastante difícil optar pela supressão. Decidimos que, com a subturma 2, o tempo de cada tela seria monitorado de modo que os alunos não se detivessem excessivamente nas duas primeiras telas, para garantir tempo à tela 6, que envolve um tratamento mais analítico.

Outro aspecto a destacar: inicialmente, apresentei o Modellus para os alunos destacando que é um programa que permite produzir representações animadas na tela do computador, a partir de um modelo matemático, isto é, de um conjunto de equações com parâmetros e variáveis iniciais especificadas. Mas faltou destacar os objetivos da atividade: ilustrar com simulações que as velocidades somam-se vetorialmente; ilustrar que movimentos em direções perpendiculares são independentes. Isto será feito com a subturma 2, juntamente com uma descrição sucinta das telas.

A entrada de um equipamento de gravação das atividades em uma sala de aula não é um passo trivial da investigação. Requer um tempo de acomodação e de confirmação da efetiva disposição dos alunos em deixar que suas ações sejam registradas. Com o decorrer das aulas isso foi conseguido. Câmera e gravadores tornaram-se artefatos rotineiros do ambiente da sala de aula, com direito a brincadeiras, recados críticos ao professor, e comentários feitos pelos alunos cuja reprodução resultaria em ‘quebra de decoro’. Requer também uma logística que não pode ser garantida pelo professor da turma. Os registros em áudio e vídeo exigem preparo e acompanhamento de uma equipe de apoio que teria como único papel garantir a qualidade das gravações.

Assumir a tarefa de pesquisar a própria sala de aula é um processo conflitivo. Inicialmente, acreditávamos que, durante a aula, predominaria a intenção do professor ocupado com a tarefa de ensinar. O que foi se revelando e afirmando foi a reciprocidade de papéis, a realimentação contínua dessas duas perspectivas, apurando o olhar crítico do professor e problematizando continuamente o objeto e o foco da pesquisa.

Os objetivos de uma atividade constituem um elemento crítico de seu desenvolvimento. Não é uma tarefa simples articular objetivos, orientação das atividades, disposição dos materiais necessários e tempo de realização da tarefa. Orientações, primeiramente consideradas de execução simples e demandando um tempo pequeno, transformam-se em obstáculos que emperram o desenvolvimento da atividade, requerem um tempo maior e comprometem o alcance dos objetivos propostos. CARROL (1993), ao discutir a relação entre ciência pura e ciência aplicada, argumenta que uma experiência de *design* é, simultaneamente um contexto de investigação. A preparação de uma atividade ou de um conjunto de atividades em uma seqüência de ensino, como destacaremos mais à frente, é um trabalho de *design* e, como tal, fonte de questões de pesquisa pertinentes e relevantes. Nesse primeiro conjunto de descrições, que precedem a observação dos registros em áudio e vídeo, já aparece a constatação de que o que fazem e aprendem os alunos em uma sala de aula está muito além do controle e possibilidades de acompanhamento do professor. Isso será reforçado em outros trechos de narrativa. A reflexão sobre essa impossibilidade do controle levou-nos a relativizar a expectativa de que os alunos compreendam, completamente, de partida, os objetivos de uma atividade. Esse tema será retomado, mais à frente, após novos destaques sobre objetivos propostos em uma atividade e sua relação com o que efetivamente fazem e compreendem os alunos.

6.2 - OBJETIVOS DE UMA ATIVIDADE PRÁTICA E ACOMPANHAMENTO DOS ALUNOS

Nota 4: Descrição das impressões dos professores que atuaram na atividade 'Lançamento horizontal de projéteis' (um deles filmou, o outro acompanhou os alunos); data de realização da atividade: 05/04/01; data do registro: 05/04/01.

Questionaram o objetivo da prática: ensinar a fazer medidas ou evidenciar fenômenos? Há uma quantidade excessiva de tarefas. Os alunos 'voaram' quanto aos objetivos da prática. Para alguns a aula teve mais um aspecto lúdico. A professora que filmou considerou a aula demonstrativa mais eficaz porque dirige a atenção do aluno para aquilo que é efetivamente importante e porque se garante um resultado de mais qualidade, com menos ruído. O professor que orientou o desenvolvimento da atividade salientou que os alunos seguem mecanicamente o roteiro. Questionou se as perguntas propostas no roteiro abarcam o que o aluno realmente vivenciou. Considerou a turma apática e o experimento não contribuiu para superar a apatia: 'boa parte dos alunos faz a prática o tempo inteiro sem solicitar ajuda e sem ter consciência do erro, que eventualmente comete.'

No comentário, após o acompanhamento do experimento de lançamento horizontal de projéteis, um dos professores questiona em que medida as questões do roteiro contribuem para revelar o vivido pelos alunos, sinalizando que o conteúdo possivelmente aprendido pode ir além ou não ter relação direta com o que é perguntado em um roteiro. Por isso, a intervenção sistemática do professor é indispensável. 'Enunciar algo já é modificar o que está dentro'. Por isso, a importância da capacidade de escuta e a habilidade do professor em formular questões que não estão no roteiro e que ajudam a revelar aspectos importantes para o progresso dos alunos, vividos ali no momento da atividade.

A discussão relativa aos objetivos do experimento relativo a lançamento de projéteis remete-nos à discussão sobre o papel da experimentação no ensino (HODSON, 1988; TAMIR, 1990; BORGES, 2002). A professora responsável pela filmagem revela uma visão que pode ser bastante comum aos professores: o trabalho com demonstrações é mais produtivo, pois é possível controlar melhor os resultados do experimento e chamar a atenção dos alunos para esses resultados. Contudo o que destacamos e vemos, como professores, em um experimento, por mais claros e cuidadosos que sejamos, não garante que o aluno veja e interprete como queremos. Retomando a discussão sobre percepção, realizada nos capítulos 3 e 5, reafirmamos que a história de interações com o tema, em questão, exerce um papel

fundamental. As crenças dos alunos e as diferenças que fazem a diferença, para eles, podem resultar em observações e compreensões bastante distintas do que pretende o professor.

A atividade demonstrativa é uma estratégia possível e pode cumprir seu objetivo de focalizar a atenção dos alunos em aspectos de um fenômeno que julgamos fundamentais. Mas deve ser encarada como um processo permanente de negociação de evidências, sem a ilusão de igualar o que vemos ao que vê nosso aluno. O grau de familiaridade que temos com os materiais e com a estrutura do experimento que apresentamos é muito maior do que o de nossos alunos. Para aspectos ligados à percepção, apenas essa diferença é algo bastante significativo e é uma limitação inerente às demonstrações. ROTH (2002) destaca o sem-número de vezes que alunos tiveram que manipular uma lâmpada néon, para perceberem o procedimento correto de acendê-la, a partir de eletricidade estática, e a relação desse procedimento com as partes metálicas da lâmpada. Ou seja, o que nos parece evidente, resulta da familiaridade, de como percebemos e relacionamos, por exemplo, os aspectos de um experimento dirigidos por uma teoria ou por um modelo. Os alunos não têm essa familiaridade. Não temos acesso direto às categorias perceptuais que produzem e como elas se integram aos conhecimentos que são capazes de mobilizar. Essas referências, em geral, são diferentes e podem contradizer o modelo ou teoria que queremos ensinar.

6.3 – COMO ATUAR SOBRE A PASSIVIDADE DOS ALUNOS?

Nota 5 Observação da atividade de resolução dos exercícios com lápis e papel sobre cinemática do mcu (áudio e vídeo); participantes: Cassio e Alfredo; data realização da atividade: 29/03/01; data de realização da observação e da descrição: 18 e 21/04/01

“A turma demora a se recompor, após o intervalo do recreio, em torno de sete minutos. Enquanto eu falo algo que considero bastante importante (o objetivo da atividade) a câmera capta os alunos se preparando, abrindo o livro, pegando lápis, abrindo cadernos e, aparentemente, pouco ligados no que estou falando, não obstante minha preocupação de que eles desenvolvam a atividade sintonizados com seu objetivo.

Cassio pareceu inicialmente bastante incomodado com a câmera, olhando várias vezes para ela, dando aquele sorriso ‘amarelo’, colocando a mão em frente ao rosto como se lesse algo, pensativamente, no caderno.

É impressionante a lentidão e a passividade da dupla, que fica como que absorta até que o ‘diligente’ e repetitivo professor diga, mais uma vez, quais são os exercícios a serem feitos e ainda abra o livro na página correta para os alunos.

O incômodo com a câmera permanece. A dupla parece falar mais baixo do que normalmente o faz. Alfredo começa a desenvolver o exercício traçando uma trajetória circular com o compasso. Cassio fica, ali, observando o colega, mas ainda passivo sem uma atitude de envolvimento. Olha o livro, olha o professor, olha alguma coisa na sala, olha a câmera, e o tempo vai passando sem que ele faça algo diretamente ligado à atividade proposta. Parece que a dupla evita se falar devido à gravação.

A opção demonstrada até aqui é de cada um fazendo o seu exercício, sem muito papo – para não se expor à gravação? – O primeiro indicador de engajamento na tarefa, demonstrado por Cassio, é de fazer uma trajetória circular. Será que está apenas imitando o colega ou executando uma tarefa proposta no exercício? Não o vi fazendo uma leitura cuidadosa dos exercícios propostos.

Alternadamente, um olha o que o outro está fazendo, buscando se orientar, mas não trocam qualquer palavra.

Conseguí ouvir um comentário de Cassio: ac é que aponta para o centro. O aluno pode decorar essa relação e não ver que ela expressa um Δv vetorial.

Estão mais operativos, consultando o livro, olhando o que o outro escreveu, fazendo registros, mas... mudos!

A dupla encontra uma dificuldade e pára de escrever. Cassio fica apenas aguardando uma possível solução do colega, olha um CD, devolve para outro colega. Alfredo parece estar querendo encontrar uma solução, mas não consegue avançar. No entanto não solicita minha presença.

A partir desse trecho, ocorre um diálogo entre a dupla em torno do cálculo de f e T , mas com a diferença já assinalada: Alfredo mais envolvido e Cassio ‘levando’. A dúvida sobre a relação entre período e frequência pode servir de comparação com diálogos sobre esse mesmo tema mediados pela tela do computador. Aqui também identifico o problema de escuta. O diálogo estabelecido com o professor não é suficientemente explorado: falta paciência para aguardar a elaboração do aluno e mais sabedoria para perguntar. Nessa parte final, Cassio participa, propõe um encaminhamento para o problema. Sua participação na atividade é

assim, oscilante, deixando mais evidente a sua dispersão sem, contudo, representar uma total desconcentração, isto é, ele pode estar mais 'ligado' do que efetivamente parece

Nesse trecho de narrativa, reiteramos a dificuldade de compartilhar objetivos, de ganhar a atenção e a compreensão dos alunos em relação ao que se pretende para uma determinada aula. Destacamos, também, mais uma vez, que a inserção de equipamentos de gravação na sala, inicialmente, provoca uma forte interferência na conduta de alguns alunos. A dupla cujas atividades foi gravada em áudio e vídeo, especificamente, ficou bastante inibida, o que pode ter reforçado uma conduta de passividade, que já acontecia em aulas sem a presença da câmera de vídeo. A realização de muitas horas de gravação, a flexibilidade para registrar as atividades daqueles alunos que se dispõem a participar desse processo de registro e não se incomodam com a situação de pesquisa são aspectos importantes e necessários. Leva-se um certo tempo para criar tal configuração.

A dupla pouco produz, pouco realiza. Não solicita o professor que, embora já tivesse percebido a pouca operatividade desses dois alunos, fica envolvido com os demais que o chamavam e lhe propunham questões. Ao final, o professor aproxima-se da dupla, mas ainda assim não consegue estabelecer um diálogo efetivo, faltando-lhe uma atitude de escuta para compreender a real questão dos alunos. Enquanto uma parcela da turma está envolvida, com dificuldades, e pergunta, solicitando o professor, há alunos passivos, que praticamente esperam o tempo da aula passar. Tal situação exige uma ação efetiva do professor que, na situação registrada, não ocorreu. Com que frequência isso acontece e como equilibrar o excesso de demanda, por parte de alguns alunos, com a falta de solicitação por parte de outros, especialmente quando esses outros são alunos passivos?

6.4 - NEGOCIAÇÃO DE EVIDÊNCIAS

Nota 6: Observação da atividade 'Experimento com Fc' (áudio); participantes: Evandro, Mário, Valter e Miriam; data de realização da atividade: 16/09/00; data da observação e da descrição: 18/05/01

“Os alunos parecem ler o roteiro, com atenção, considerando o silêncio na fita. Discutem sem maiores problemas a relação entre v e F_c , para R e m constantes”¹⁸.

¹⁸ Nesse trecho de narrativa e nos demais considere: F_c , força centrípeta; m , massa do objeto que gira; v , velocidade linear do objeto que gira; w , velocidade angular; R , raio da trajetória circular.

Evandro propõe F_c proporcional a v . Na operação de montagem com F_c constante têm dificuldades na definição de qual massa pendurar. Valter propõe que seja a massa de 10g, em vez da de 50g. Para F_c constante, o raio diminui ou aumenta com a velocidade? Míriam parece interpretar R como o tamanho do cordão na vertical. Em meio às dúvidas e discussões, Mário solicita a minha ajuda.

Nesse episódio, parece que a escuta melhorou. Diante das dúvidas, desenvolvo uma discussão envolvendo mais um grupo, dando a palavra a Marcos. Este opera o dispositivo e descreve o que faz em meio a questões propostas pelo professor. Com a demonstração de Marcos, todos parecem se convencer de que para F_c constante, maior v implica maior R . Mas para R diminuindo, volta o problema de confundir w e v . O aumento de w leva a uma observação de que v aumenta também. É preciso rever a estrutura dessa atividade. Ela tem um eixo meio indutivista. É melhor apresentar o modelo, a equação que relaciona as variáveis, interpretar o comportamento das variáveis duas a duas e em seguida desenvolver o experimento para verificar qualitativamente essas relações, dando suporte empírico para o modelo

Ao trabalharem a questão de completar, em vez de recorrerem às observações anteriores, feitas com o manuseio do dispositivo, os alunos vão direto às equações, substituindo valores. Qual o peso das evidências, se é que foram evidências?

Essa narrativa refere-se à sequência de ensino sobre movimento circular uniforme (mcu), realizada no estudo exploratório, em 2000, quando percebemos indicadores da dificuldade de garantir que os alunos estabelecessem uma correspondência entre aspectos da montagem e aspectos da representação do modelo (por exemplo, o raio da trajetória). A aluna Míriam identificou, inicialmente, o comprimento do barbante na vertical como raio da trajetória (fig.28).

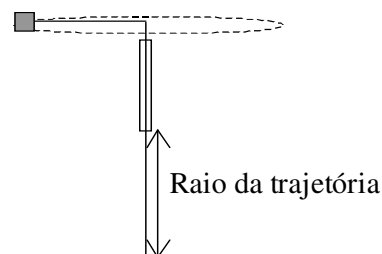


FIGURA 28 – DESENHO DO DISPOSITIVO UTILIZADO NO EXPERIMENTO COM FORÇA CENTRÍPETA

A classificação do eixo da atividade com ‘meio indutivista’ expressa uma expectativa em relação ao tipo de interação que os alunos estabelecem com a montagem. Já chamamos atenção para isso anteriormente. O professor tem familiaridade com a montagem, os alunos

não. É necessário que haja um tempo de exploração. É preciso negociar com os alunos as correspondências pretendidas entre aspectos da montagem e da representação do modelo. Isso parece ser alcançado envolvendo a contribuição de aluno de outro grupo. Uma vez cumpridas as tarefas abrangendo relações qualitativas entre velocidade v , massa m , força centrípeta F_c e raio da trajetória R , com o auxílio do dispositivo experimental, os alunos são chamados a retomar essas relações fazendo uma síntese. Na dúvida, os alunos recorrem à equação $F_c = \frac{mv^2}{R}$, e não à montagem. O que significou a interação com o dispositivo? Ao refazer a seqüência de ensino com a turma de 2001, o professor realiza os procedimentos que propõe ao final da narrativa. No trecho seguinte o professor conta o resultado desses procedimentos.

Nota 7: Descrição prévia à observação da atividade ‘Experimento com F_c ’; data de realização da atividade: 12/06/01; data de realização do registro: 06/07/01.

Considerando a experiência do ano anterior, empreguei bastante tempo na apresentação do artefato, de modo a diminuir a complexidade de sua compreensão e uso. O efeito dessa discussão detalhada foi uma atividade ‘sem sal’, com poucas questões envolvendo o entendimento das relações entre F_c , m , v e R . Retirei da atividade aquilo que possuía de potencial de problematização: estabelecer uma relação entre aspectos do artefato e os parâmetros do modelo do mcu

A tarefa de coordenar objetivos e orientações sobre como operar os dispositivos no transcurso da atividade é um exercício contínuo de *design*. Veja a descrição seguinte.

Nota 8: Observação da atividade ‘Experimento com lançamento horizontal de projéteis’ (áudio); participantes: Danilo, Lucas, João e Evaldo; data de realização da atividade; 05/04/01; data da observação e da descrição: 23/05/01.

A observação dessa atividade reforça indicadores percebidos no desenvolvimento do experimento com força centrípeta. Operar com o dispositivo da prática – um canhão arremessador de projéteis – é uma tarefa com razoável complexidade, especialmente quando as respostas do dispositivo são distantes daquelas esperadas e que são levadas em conta na organização do roteiro. A análise dos fatores que interferem nas diferentes medidas proporcionadas pelo experimento justificariam, em si, o desenvolvimento da atividade, o que implicaria em um

objetivo diferente de verificar relações decorrentes de princípios físicos. Há, portanto, objetivos propostos por vezes não compreendidos pelos alunos e, se compreendidos, não necessariamente assumidos. Tais objetivos se chocam com a operação do dispositivo, talvez considerado pelo idealizador do experimento como uma mediação não portadora de problemas específicos e genuínos. A operação do dispositivo suscita questões diversas, não devidamente exploradas

Quando um professor prepara uma atividade ou um conjunto de atividades, de forma mais ou menos deliberada, ele organiza um ambiente de aprendizagem. Ele realiza uma tarefa de *design* que procura antecipar as próprias ações e as ações práticas dos alunos com os objetos do ambiente que estruturou, visando um certo objetivo. O engajamento, a sintonia das interações entre alunos e entre alunos e professor, mediadas por diferentes artefatos, é uma meta sempre presente.

6.5 - SIMULTANEIDADE DAS AÇÕES

Nota 9: Observação da atividade ‘Experimento com Fc’ (áudio); participantes: Evandro, Mário, Valter e Miriam; data de realização da atividade: 16/09/00; data da observação e da descrição: 18/05/01.

Enquanto Evandro, Mário e Míriam discutem o efeito de Fc no vetor velocidade, Valter presta atenção em uma explicação que o professor desenvolvia com outro grupo, para a questão de dois automóveis, de massas iguais e velocidades diferentes, fazendo uma curva. E constata que haviam errado a resposta a essa questão. Em vão, procura chamar a atenção dos colegas para que retomem essa questão

Esse pequeno trecho pode ser relacionado a uma descrição anterior de como o professor inicia os trabalhos explicitando a agenda da aula, o que considerava uma ação fundamental, e de como os alunos realizam uma série de ações corriqueiras, aparentando prestar pouca atenção ao que diz o professor. Ambos os relatos são uma evidência da simultaneidade das ações em uma sala de aula: alunos engajados na discussão de uma atividade, alunos dispersos discutindo outro assunto, uma rápida interrupção para uma brincadeira, o professor explicando a um grupo uma questão que desperta a atenção de um participante de outro grupo. As trocas estabelecidas são, portanto, bastante diversas, e vão muito além do controle do professor. São trocas que produzem entendimento na direção dos objetivos da atividade, trocas que indicam dispersão em relação à tarefa proposta, trocas que

evidenciam dificuldades de entendimento, muitas vezes ocorridas em um instante no qual o professor não está próximo. Em relação a essa última situação, algumas vezes, o professor tendo a oportunidade de resgatar a dúvida do grupo, não o faz por não ter a escuta adequada. Uma das possíveis razões para essa falta de escuta pode ser o imperativo de desenvolver naquela aula um conjunto de conteúdos programáticos. Relacionamos, a seguir, outros trechos que atestam essa simultaneidade.

Nota 10: Observação da atividade 'Simulações do mcu' (áudio e vídeo); participantes: Mário e Evandro; data de realização da atividade: 09/09/00; data da observação e da descrição: 11/05/01.

“Na tela 2 (Vetor Velocidade), Evandro identifica, com facilidade, visualizando na tela, a mudança de direção e sentido do vetor velocidade. Mário fica em dúvida. Como aconteceu no caso da leitura e entendimento do que se pedia ao ser apresentada a equação $f = 1/T$, na tela anterior, uma dúvida, uma dificuldade maior, que produz uma interrupção da cadeia de operações leitura da pergunta/ observação da animação/resposta, os alunos recorrem aos orientadores da atividade. São dois, no caso, alunos de prática de ensino atendendo 9 duplas. Ainda assim, não conseguem responder, de pronto, à solicitação. Tal demora força os alunos a buscarem suas próprias soluções para a questão. Esse descompasso tem conseqüências positivas, na medida em que os alunos estão engajados e a dificuldade se mantém como desafio a ser solucionado.”

Relembramos aqui a dificuldade, durante a orientação de uma atividade em sala, de equilibrar o excesso de solicitações por parte de alguns grupos com a falta, por parte de outros. Se, em destaque anterior, isso implicou em reforçar a passividade de uma dupla, no caso da dupla, em foco, significou forçá-los a elaborar mais e de forma autônoma. São acontecimentos que se dão à revelia e sem o conhecimento do professor.

Nota 11: Observação da atividade 'Simulações com composição de velocidades' (áudio); participantes: Meire e Elisa; data de realização da atividade: 05/04/01; data da observação e da descrição: 01/06/01

“O diálogo sobre o comportamento horizontal da caixa¹⁹ é interrompido pela necessidade de colocar a filmadora em funcionamento²⁰. Algo estava sendo elaborado até aí, com o predomínio da minha fala. Visualizar na tela a igualdade

¹⁹ Cf. figura16, cap 4.

²⁰ A câmera registrava as atividades de Ivo e Lúcio em outro ponto da sala.

da componente horizontal da caixa e a velocidade do avião pareceu algo não problemático, quase imediato. Quando são chamadas a justificar, surge o problema porque elas têm que retirar da tela e escrever qual dado fundamenta a observação. Parte dessa tentativa é feita antes do diálogo comigo e ao longo do tempo em que arrumava a filmadora. Quando retorno, a dupla havia chegado a um certo consenso. Restava justificar, tarefa dispensada por mim, com a justificativa de que o objetivo foi ilustrar as diferentes trajetórias da caixa, dependendo do referencial. Que pena! Pois a grande questão que surgia na interpretação da tela era decorrente da dificuldade/necessidade de decompor o movimento da caixa em dois movimentos perpendiculares. A pergunta proposta e a justificativa pareceram favorecer essa discussão.”

Esse trecho acima revela que, em meio aos muitos diálogos que o professor tenta estabelecer, na dinâmica do acompanhamento aos grupos, ele pode encerrar a discussão com um grupo, acreditando ter esclarecido uma dúvida, quando efetivamente não o fez.

Nota 12: Observação da atividade ‘Simulações com composição de velocidades’ (áudio e vídeo); participantes: Ivo e Lucio; data de realização da atividade: 05/04/01; data da observação e da descrição: 23/05/01.

Por mais de uma vez, a dupla interrompe seu trabalho para ajudar uma dupla ao lado.

Nota 13: Observação da atividade ‘Experimento com força centrípeta’ (áudio e vídeo); participantes: Danilo, Lucas e Julia; data de realização da atividade: 19/06/01; data da observação e da descrição: 28/09/01.

“Um aluno aparece em cena, copia uma resposta dada por Lucas a uma questão, sem pedir licença. E sai dizendo: está certo! Enquanto isso, Lucas acompanha, à distância, o animado diálogo entre Julia e Danilo sobre o efeito de F_c em v . Ao final, o professor transmite a resposta.”

A documentação, em áudio e vídeo, das atividades de dois grupos em dois pontos distintos da sala contribuiu para nos aproximar dessa rede ou desse emaranhado de interações nas quais o professor é um dos atores, não necessariamente o protagonista. O que, muitas vezes, é considerado ruído para se entender a gravação do diálogo entre dois alunos foi, para nós, dado de pesquisa, revelando parcialmente essa diversa e complexa rede de ações simultâneas.

6.6 - DIVERSIDADE DE ESTILOS DE CONDUTA

Nota 14: Observação da atividade 'Experimento com Fc'; participantes: Evandro, Mário, Valter e Miriam (áudio); data de realização da atividade: 16/09/00; data da observação e da descrição: 18/05/01.

Ao final da atividade, Valter se dispersa bastante. Ele foi assim oscilante durante a atividade? Miriam trabalhou 'a reboque' do grupo? Mário e Evandro elaboraram mais, porém com dificuldades no registro.

Nota 15: Observação da atividade 'Simulações com composição de velocidades' (áudio e vídeo); participantes: Danilo e Lucas; data de realização da atividade: 03/04/01; data da observação e descrição: 22/05/01.

Lucas faz os registros e emite as respostas sem questionar ou compartilhar com Danilo. Parece não valorizar as contribuições do colega. Este, por sua vez, elabora o tempo todo, demonstra mais satisfação com o ambiente e questiona os registros do parceiro quando acha pertinente. Chama para o diálogo o tempo todo, mas Lucas não realimenta o processo.

Nota 16: Observação da atividade 'Simulação com composição de velocidades' (áudio e vídeo); participantes: Ivo e Lucio; data de realização da atividade: 05/04/01; data da observação e da descrição: 23/05/01.

Ao longo de toda a atividade, Lucio demonstra mais segurança na enunciação das respostas. Ivo se apresenta mais vacilante, como que elaborando parcialmente conceitos e relações, completando o processo com o suporte de Lucio.

Nota 17: Observação da atividade 'Exercício com lápis e papel sobre dinâmica do mcu' (áudio e vídeo); participantes: Lucio e Ivo; data de realização da atividade: 21/06/01; data da observação e da descrição: 26/09/01

Em um dos exercícios, os alunos transformam incorretamente 50cm em 0,05m. Ivo trabalhara com o raciocínio correto, mas, diante de uma afirmação diferente de Lucio, cede. Isto evidencia o predomínio das elaborações de Lucio, na maioria das vezes, acertadas, porém, nem sempre, como nesse caso. Ao consultarem a resposta no final do livro, verificam que o resultado é 3,6N e não 36N. Ivo imediatamente afirma que o problema é no 0,05, mas não reelabora a transformação anteriormente feita.

Nota 18: Descrição prévia à observação da atividade 'Experimento com Fc'; data de realização da atividade: 12/06/01; data do registro: 06/07/01.

O grupo que seria filmado - Lucio, Ivo, Lúcia e João - se dividiu em dois : Lucio e Ivo, bastante operativos e rápidos, e Lúcia e João, com pouca interação. Parece haver uma assimetria na dinâmica de ambas as duplas filmadas – Danilo e Lucas, Ivo e Lucio - com a predominância da elaboração de um dos pares. Lúcia ficou bastante calada, manifestou-se pouco. João, por sua vez, quando presente em sala de aula, é sempre participante, dialoga bastante e propõe questões interessantes. O outro grupo, gravado em áudio – Cassio, Fabrício, Alfredo e Everaldo – brincou bastante, mas também procurou desenvolver a atividade. Fica a dúvida sobre o que predominou no trabalho desse grupo.

Nota 19: Observação da atividade ‘Simulações do mcu (áudio e vídeo); participantes: Danilo e Lucas; data de realização da atividade: 12/06/01; data da observação e da descrição: 27/09/01.

Em comparação com Lucio e Ivo, Danilo e Lucas produzem mais elaborações. Quais as possíveis razões? Lucio exibe uma autoconfiança maior sobre o próprio raciocínio. Interpreta, responde e segue sem solicitar ajuda. Se ele faz elaborações incorretas ou ‘pobres’, é mais difícil acessá-las e debatê-las. O seu parceiro não apresenta uma postura mais firme em questioná-lo. Tem menos segurança de suas idéias, talvez porque veja em Lucio uma referência de respostas certas. Caberia orientar Lucio para duvidar mais de suas respostas e Ivo para confiar mais nas próprias construções.

Danilo demonstra, por sua vez, uma atitude que pode ser tipificada:

- *está engajado na atividade;*
- *quer aprender;*
- *está estimulado pelo ambiente;*
- *verbaliza o tempo todo sua compreensão, isto é, produz representações sistematicamente, estando sempre aberto a reelaborá-las;*
- *não hesita em solicitar ajuda ao professor. Ao mesmo tempo, não se coloca na posição de apenas acessar o modelo correto, mas dialoga com o professor a partir das elaborações que faz, procurando revê-las;*
- *questiona sistematicamente o parceiro, ainda que, como Lucio, Lucas exiba muita autoconfiança. Duvida não apenas das próprias afirmações, mas também das enunciadas pelo colega.*

Um professor com boa escuta e com uma postura de valorizar as elaborações coletivas completa com Danilo um cenário com potencial de produzir aprendizagens.

Nota 20: Observação da atividade 'Experimento com força centrípeta' (áudio e vídeo); participantes: Danilo, Lucas e Julia; data de realização da atividade: 19/06/01; data da observação e da descrição: 28/09/01.

O grupo utiliza o dispositivo como mediação. Busca responder às questões utilizando o artefato como referência. Parece ser diferente de Lucio e Ivo. Especialmente em relação à conduta de Lucio. Este parece se haver bem com relações construídas a partir de experiências de pensamento, concatenadas de forma consistente. Parece que Lucio não sente necessidade, assim como João, de buscar certas evidências que seriam, em princípio, óbvias e, portanto, não demandariam observação.

Lucas continua confirmando seu estilo de trabalhar mais individualmente, embora esteja atento às contribuições dos colegas. É mais introspectivo e conciso nas falas.

Nota 21: Observação da atividade 'Simulações do mcu' (áudio); participantes: Alfredo e Fabrício; data de realização da atividade: 19/06/01; data da observação e da descrição: 08/10/01.

Fabrício não se preocupa em ajudar Alfredo a compreender. Dita as respostas chamando-o, 'de brincadeira', de 'animal', 'cavalo'. Alfredo, por sua vez, não apela. Quando há a oportunidade retribui as 'gentilezas'. Isso parece não afetar nenhum dos dois. Nesses diálogos é possível perceber que Alfredo não compreende várias relações, porém ele não questiona Fabrício, nem indaga o professor. Falta-lhe iniciativa. Ao se deparar com uma dúvida, a dupla não investe na tentativa de uma solução. Aguarda a presença do professor que chega e transmite o modelo

As ações destacadas nas narrativas desse núcleo expressam uma diversidade de estilos de conduta diante das tarefas propostas. A fundamentação teórica para a afirmação da existência desses estilos e um trabalho de caracterização cuidadosa comporiam uma nova investigação. A constatação desses estilos surge do foco na sala de aula, da investigação sobre os etnométodos, essas ações cotidianas que caracterizam as interações entre os sujeitos de

uma certa comunidade de prática. Neste relatório, apenas apontamos algumas características que diferenciam os alunos e que sinalizam alguns tipos:

- há alunos com um estilo mais dedutivo que têm facilidade de formular hipóteses e operar de forma consistente com elas. No ambiente com experimentação, não sentem necessidade de manusear as montagens. Apenas observam. Parece que não têm dificuldade de fazer ajustes entre o observado e o esperado, com base em um certo modelo. São alunos que provavelmente tiram maior proveito de uma aula expositiva, especialmente se essa aula é dialogada, procurando estabelecer uma dinâmica de argumentação com a turma. Nesse contexto, participam mais, contribuem e colaboram para a construção das idéias que o professor quer apresentar à turma. Exibem maior confiança nas suas elaborações e tendem a ter um predomínio no grupo, talvez, por articular e expressar melhor as idéias;
- há os alunos pragmáticos que acionam os meios necessários para a conclusão da tarefa proposta. Dialogam o suficiente para isto ou nem mesmo dialogam. Copiam a resposta com maior possibilidade de ser a certa. Quando chamados a expressarem suas idéias no grupo ou para a turma inteira, demonstram dificuldades, inibição e um silêncio, que termina por ser preenchido pela voz de colegas que não se contêm e respondem, ou do próprio professor, preocupado em dar um certo ritmo à aula e em transmitir o princípio, a explicação, a solução correta;
- há os alunos interativos que se expandem em ambientes que fogem da dinâmica da transmissão. Aprendem manuseando os artefatos disponíveis, enunciando e discutindo suas idéias, a dos colegas e do professor. Contribuem muito para a elaboração coletiva, favorecem a distribuição da cognição e a evolução conjunta dos parceiros de uma atividade. Seriam aqueles alunos explicitamente ‘construtivistas’ que realimentam positivamente o trabalho daquele professor que acredita na importância de dar protagonismo aos alunos

Essa diversidade de estilos, cuja caracterização apenas esboçamos, aparece juntamente com as assimetrias nos trabalhos de grupo, talvez como consequência dessa diversidade. Tais assimetrias levam-nos a relativizar o argumento de que os trabalhos em duplas e em grupo são a melhor estratégia para oportunizar a aprendizagem. Não necessariamente. O predomínio de um dos membros de uma dupla pode significar aprendizagens incompletas para um outro membro, que não consegue elaborar de forma autônoma e fica dependente de um suporte. O ambiente de trabalho em grupo pode ser, inclusive, agressivo e significar inibição e um

fechamento à participação e ao compartilhamento das dúvidas e dificuldades. Mais uma vez, a presença, a observação e escuta do professor são aspectos fundamentais para atuar nesses obstáculos e tornar o trabalho em grupo uma oportunidade real de aprender. Reconhecemos, contudo, todas as possibilidades abertas para o diálogo entre pares, como atestam os episódios da dupla Evandro e Mário, mostrados no capítulo 5. A evolução da aprendizagem desses dois alunos, mediada pelas simulações e pelas elaborações e reelaborações de cada um, em um diálogo permanente, é algo admirável.

A importância e a dificuldade do acompanhamento sistemático do professor, a simultaneidade das ações, a diversidade de estilos de conduta e de parceria, tornam um ambiente envolvendo atividades em grupo bastante complexo e repleto de desafios à prática docente. Não são ambientes, que por si, redundam em oportunidades efetivas de aprendizagem. Seu preparo é uma verdadeira tarefa de *design*. É preciso desenvolver estratégias de acompanhamento, nas quais o professor faça escolhas de que grupos acompanhar equilibrando o excesso e falta de solicitações, identificando e atuando sobre as assimetrias. Como aprender e ensinar tais competências?

6.7 - COMO O LIVRO DIDÁTICO COMPARECE?

Nota 22: Observação da atividade ‘Simulações com composição de velocidades’ (áudio e vídeo); participantes: Ivo e Lucio; data de realização da atividade: 05/04/01; data da observação e da descrição: 23/05/01.

“Na análise da tela de lançamento horizontal, há uma elaboração rica dos alunos mediada pelo livro didático e pela tela. Anteriormente, haviam interpretado que como o movimento é curvilíneo, teria aceleração centrípeta e esta varia em direção e sentido. Ao buscarem as equações no livro, Ivo constata que erraram no valor e unidade atribuídos à aceleração, 5m/s, assim como na direção e sentido. Operam com a tecla passo-a-passo e constata $\Delta v = 5\text{m/s}$ em 0,5s. Logo, $a = 10\text{m/s}^2$. Associam esse valor com a aceleração da gravidade e lembram que ela é constante em módulo, direção e sentido. Porém chamam de horizontal a direção vertical. Têm problemas com a diferenciação e a nomeação de direção e sentido.”

Nesse trecho descreve-se uma articulação bem sucedida entre simulações e livro-texto. O livro disponibiliza uma informação que contradiz a resposta dada a uma questão de interpretação da tela. A possibilidade de manipular a representação, coordenando a

representação estroboscópica com o registro numérico do vetor velocidade e com o registro no cronômetro da tela, leva a uma aplicação correta da definição operacional de aceleração. Seria possível isolar dessa ação de ‘aplicar corretamente a definição operacional de aceleração’ a contribuição de cada um dos alunos e dos artefatos que utilizam? Como foram mostradas em um episódio do capítulo 5, situações como essa evidenciam a distribuição da cognição. O livro comparece aí como um arsenal de informações corretas, devidamente organizadas. Como os alunos se colocam diante do ambiente envolvendo simulações e daquele em que a fonte de questões e respostas é apenas o livro?

Nota 23: Descrição prévia à observação da atividade ‘Experimento com Fc’; data de realização da atividade: 19/06/01; data do registro: 06/07/01.

“Destaco a conversa inicial com os alunos sobre a atividade com simulações, ocorrida na semana anterior. Pelo menos metade da subturma, talvez mais, disse que prefere trabalhar com o livro a trabalhar com simulações. Segundo eles, no livro as coisas não estão prontas, tem que se pensar mais. O detalhamento proporcionado pelas simulações pode gerar um falso entendimento.”

Ao interpretarmos essa colocação dos alunos, partimos da visão do professor, relator dessa pesquisa, decorrente de sua experiência com a turma para além dos registros em áudio e vídeo: esses alunos, que declaram a preferência pelo livro, são os mesmos que pedem aulas com leitura comentada do texto didático. No livro texto, registros escritos e imagens/figuras estão articulados segundo uma certa lógica. O aluno pode ‘ler’ esses registros achando que está entendendo, sem o incômodo de uma questão não compreendida e não respondida. Na maioria das vezes, a representação pictórica do texto não lhe suscita explicitamente questões, a menos que ele esteja efetivamente imbuído de compreender as relações entre texto e figura/imagem, propostas pelo autor.

Além de apresentar as representações com animação, as simulações disponibilizam mais ícones, todos relacionados entre si, alguns com textos sucintos articulados, como no livro, a maior parte com questões dirigidas de interpretação. Por um lado, a oportunidade de manipular a representação pode favorecer a interpretação e compreensão, e, ainda, disponibilizar novas possibilidades de construção. Por outro, a evolução da representação no tempo, conjugada a questões, é mais um grau de liberdade a ser coordenado pelo aprendiz. Estas, para serem respondidas, obrigam a utilização dos recursos disponíveis. Ao preferirem o texto, esses alunos podem estar revelando um certo estilo de aprendizagem, mas podem estar

dizendo, à sua maneira, que ficam incomodados com a complexidade da tarefa com simulações.

Um dos alunos, nessa conversa, destacou ainda que geralmente há muitas telas e que o conjunto de atividades em regra não é completado, faltando, portanto, uma conclusão, uma finalização. Isso nos parece bastante pertinente e indica uma deficiência do *design* da seqüência, já apontado anteriormente. Ainda com relação à preferência de parte dos alunos pelo livro, os monitores do laboratório de informática, - que possuíam uma grande familiaridade com o *Modellus* e acompanharam um número razoável de aulas em 2000 e 2001 – acrescentaram a seguinte análise, com a qual concordamos: a informação está disponível de forma mais completa no livro e acessível a um ritmo ditado pelo aluno; as telas não apresentam toda a informação suficiente, propõem questões, proporcionam um contexto em que as lacunas podem ficar mais evidentes, seja em relação a conhecimentos anteriores, seja em relação à compreensão da representação. Salientaram, ainda, que, sempre que o fluxo da atividade é interrompido, boa parte dos alunos recorre ao livro didático buscando restabelecer o elo. Isto foi observado nas condutas das duplas Beatriz e Hélio, em 2000, e Ivo e Lucio, em 2001. Entretanto, a consulta ao livro, especialmente às respostas dos exercícios propostos, resulta em diferentes realimentações.

Nota 24: Observação da atividade ‘Exercício com lápis e papel sobre mcu’ (áudio); participantes: Beatriz e Hélio; data de realização da atividade: 14/09/00; data da descrição e da observação: 18/05/01.

“Em um trecho da atividade de resolução de exercícios de fixação, uma das duplas cuja interação foi gravada em áudio, aplicou, ‘mecanicamente’ e corretamente, a equação do cálculo da velocidade linear, sem compreender o significado do termo do numerador (perímetro da circunferência). Uma pergunta anterior, que solicitava o cálculo do valor da distância percorrida pelo móvel em uma volta não foi respondida. Como não conseguiam encontrar uma solução para esse item, consultaram a resposta constante ao final do livro e constataram que o valor correto correspondia ao valor do numerador da equação da velocidade. Concluíram, então, que $2\pi R$ correspondia à distância percorrida em uma volta.”

Nota 25: Observação da atividade ‘Exercício com lápis e papel sobre dinâmica do mcu’ (áudio e vídeo); participantes: Lucio e Ivo; data de realização da atividade: 21/06/01; data da observação e da descrição: 26/09/01.

“Na correção do cálculo de F_c , no qual os alunos erram a transformação de 50cm para 0,50m, identificam o erro cometido durante a correção feita pelo professor. Ivo diz com ‘ar de vitória’: ‘não falei?’. Lucio e Ivo falam entre si mas não é possível entender. Ao fazer o exercício e consultar a resposta no final do livro, Ivo prontamente corrigiu o número 0,05m na equação mv^2/R , sem questionar com Lucio. Parece-me que apenas ajustou os números para chegar à resposta considerada correta, embora essa modificação reforçasse sua sugestão de transformação de unidades. Contudo, abriu mão dela em favor da proposição de Lucio, talvez por não estar muito certo e/ou por confiar mais na indicação do colega. Diante da resposta do livro, indicando que o resultado diferia de uma ordem de grandeza, prontamente retomou a transformação por ele proposta, sem maiores discussões e viu-a confirmada na correção do professor. Há uma assimetria na relação entre os alunos. O conhecimento do resultado final guia os procedimentos e pode impedir uma compreensão mais aprofundada.”

“No exercício relativo ao globo da morte, Lucio mais uma vez dá a direção, afirmando que em qualquer ponto do globo, a força normal é igual ao peso. Ivo, com base na resposta, ao final do livro, entende que alguma coisa está errada. Ele parece mais aberto a interpretar o problema, trabalhando com diferentes valores possíveis para a Normal, mas Lucio mantém-se na posição de $N = P$. Como Ivo não tem argumento, não consegue fazer avançar a discussão. Nesse ponto, a atividade é interrompida e os alunos passam a discutir outros temas: plantão que ocorreria na semana seguinte, algo sobre computadores...Diante do impasse, parecem aguardar o correção do professor, que se inicia.

Nota 26: Observação da atividade ‘Exercícios com lápis e papel sobre dinâmica do mcu (áudio)’; participantes: Alfredo e Fabrício; data de realização da atividade: 21/06/01; data da observação e da descrição: 08/10/01.

“O último exercício da sequência é desenvolvido com base na resposta existente no final do livro. A resposta dirige o procedimento, sem garantir a compreensão. Há sinais de dispersão. A dupla não compreendeu totalmente o problema. Considera ter dado a resposta certa e não presta atenção em uma explicação que poderia lhe ser útil. A coincidência com a resposta ao final do livro dá a falsa sensação de uma compreensão.

Há indícios para duvidar da medida em que os procedimentos da dupla são guiados pelo conhecimento da resposta. Por um lado, os exercícios sobre o globo da morte foram conferidos somente depois de completada sua solução. Por outro, a forma como Fabrício explica a solução do problema para um colega (subtraia 1500 de 2700), como se refere ao símbolo N que está representando força normal (chamando-o de Newton), em alguns momentos confundindo força peso e força normal, dá a impressão de que ele opera com os números de modo a chegar à resposta do final do livro, sem a compreensão das relações que sustentam as operações.

O primeiro trecho de narrativa desse núcleo, aliado ao depoimento dos alunos preferindo o livro-texto e à análise dos monitores, destaca um possível papel do livro nos ambientes pesquisados: acervo de informações corretas, apresentadas de forma ‘completa’ e estruturada, acessíveis ao ritmo do aluno. A interação com o livro e a realimentação da atividade numa progressão contínua, em termos de compreensão dos conteúdos que se pretende ensinar são situações possíveis. Mas esse mesmo acervo de informações corretas, ‘completas’ e estruturadas, especialmente as respostas colocadas ao final do capítulo, proporciona um outro tipo de realimentação, que se conecta a um procedimento característico das salas de aula pesquisadas e o reforça. É um procedimento também recorrente na interação entre orientador da atividade e alunos, tanto na atividade experimental quanto na atividade com simulações: transcrever a resposta certa para o roteiro ou para o relatório de atividades. A compreensão das relações trabalhadas e de seu processo de produção torna-se um elemento secundário. Isto não implica necessariamente desinteresse. Os alunos podem estar engajados na atividade, mas movidos pelo objetivo de responder aquilo que julgam ser o que o professor espera: a resposta certa, de acordo com um procedimento padrão. Nesse aspecto, a duplas Mário e Evandro (capítulo 5), Danilo e Lucas – essa última, especialmente pela conduta de Danilo - apresentaram uma conduta diferenciada, vivenciando uma interação rica e possibilitando ao orientador da atividade contribuir para uma elaboração mais coletiva.

No entanto, considerando o conjunto das interações gravadas, orientadas pelos estagiários de Prática de Ensino, pelo professor da turma e por professores colaboradores, as possibilidades de construção por parte dos alunos não foram suficientemente exploradas. Há interrupções no diálogo desenvolvido entre os alunos antes da chegada do orientador da atividade e após sua intervenção. A escuta do orientador da atividade não é suficiente para apreender totalmente as questões surgidas na atividade do grupo. Sua postura é tensionada

pela necessidade de cumprir o programa traçado para aquela aula. Ele participa e reforça a cultura de fazer de acordo com um procedimento padrão, municiando o grupo com a ‘explicação’ que conduz à resposta certa. A troca se estabelece nessa perspectiva e, nesse sentido, não desenvolve satisfatoriamente as possibilidades presentes em várias situações de problematização.

Na sala de aula, a conduta do orientador da atividade expressa, não obstante as suas convicções pedagógicas declaradas, a tensão permanente entre transmissão e construção, entre univocidade e dialogicidade. O livro-texto pode comparecer tanto no sentido de reforçar o diálogo e a reelaboração, quanto o de acentuar a reprodução de um procedimento pretensamente considerado correto. O tempo é uma variável de grande importância, fator limitador e determinante de muitas das decisões tomadas pelo professor no transcurso de sua ação em sala de aula.

A insatisfação manifestada por parte dos alunos em relação ao ambiente envolvendo simulações sinaliza que a quebra da rotina das aulas não garante engajamento de todos. Um dos alunos fez o seguinte comentário durante uma das aulas: “*Física estressa, ainda mais com computador*”. A hipótese da existência de diferentes estilos de conduta e a possibilidade de caracterizá-los podem ser elementos de explicação para a diversidade de preferências e motivações, apresentadas pelos alunos nos diferentes ambientes. O que se espera na introdução de uma atividade com computadores é que todos se interessem e participem mais. Mas isso não acontece.

6.8 - DIFERENTES ESTILOS, DIFERENTES MOTIVAÇÕES

Nota 27: Observação da atividade ‘Simulações do mcu’ (áudio); participantes: Meire e Elisa; data de realização da atividade: 12/06/01; data da observação e da descrição: 05/10/01.

Mais uma vez o problema entre o tempo real e o tempo virtual, misturado com $f < 1$.²¹ As alunas lêem 53s em vez de 0,53s, para o período. Quantas voltas a bola dá em 1s? Talvez os alunos estranhem essa questão, com razão, e então começam a se questionar sobre a unidade de medida de tempo na tela. A questão permanece, e como o professor 3 dispensou a entrega de uma folha de respostas,

²¹ Essa frase refere-se ao descompasso entre o tempo de evolução da animação na tela e o tempo registrado no cronômetro da tela. A frequência dessa animação no modelo é menor que 1.

não há motivação de qualquer natureza e, mesmo sem uma compreensão do problema e com consciência desse não entendimento, passam para a tela 2.

Até aqui as alunas mostram-se desanimadas, suspiram (ai...ai) Para o cálculo de v , Meire recorre ao livro. Expressa que v varia porque sempre aponta para fora da tangente.

A informação da escala do retículo de fundo da tela é entendida como valor de referência para um quadrante. Então as alunas concluem que um período de 40s implica 10s por quadrante. Daí, a dupla infere que o arco vale 10m. Elisa considera o exercício 'idiota'. Quando entende o significado da escala do retículo, acha muito chato ter que contar os quadrinhos para determinar o valor do raio da circunferência.

Elisa tem dificuldade de reconhecer o vetor aceleração centrípeta na tela. Tal dificuldade não é suficientemente explorada pelo professor que reforça a orientação do texto da tela, que destaca o caráter vetorial da 2ª lei de Newton. Esse tipo de explicação parece reforçar um conhecimento declarativo: F_c aponta para o centro, 'pela 2ª lei', força resultante e aceleração têm mesma direção e sentido, então, ac também é um vetor que aponta para o centro. Mas o que significa ac apontar para o centro?

A atitude das alunas muda quando são informadas de que é para entregar uma folha de respostas. Ainda assim, o ritmo do trabalho é lento, dispersivo em si, sem iniciativa de fazer o processo fluir. Tentam ver quantas telas faltam para terminar a atividade e depois não conseguem voltar à tela com que trabalhavam, dispendendo um grande tempo nisso.

Rediscutem a tela 1 para registrar a resposta. Trabalham com um $T = 54s$. De $f = 1/T = 1,8$, estranham o resultado, mas apenas fazem o registro. Seguem para a tela seguinte.

Na tela 2: que características do vetor velocidade estão variando? Observam. Tempo de silêncio, e Elisa diz: 'estão saindo trajetória. É uniforme porque a velocidade é constante'. Não conseguem calcular o valor de v , têm dificuldade em aplicar a equação $v = d/t$ ao movimento circular uniforme. Fazem-no com a ajuda de um colega, um procedimento cujos passos estavam indicados na tela.

Predomina, portanto, a falta de participação da dupla que 'atura' uma atividade, que tem que desenvolver. As simulações do movimento circular uniforme, motivadoras para

Danilo, nem tanto para Ivo e Lucio, e chatas para Meire e Elisa, mostram uma diversidade de interesses. Destacamos ainda a não percepção do processo daquelas alunas por parte do professor colaborador, orientador da atividade. Se elas não propõem questões, ele não se aproxima o suficiente para verificar o que a dupla está fazendo. A relação com as alunas é de autonomia. Encontra-se ali para ajudar se solicitado. Considerando sua interação com o conjunto das duplas da subturma que acompanhou, quando chamado pelos alunos atua com disposição e tem uma atitude de escuta que favorece bastante o diálogo.

Os tópicos, nos quais agrupamos os trechos de narrativa, destacam elementos de descrição de uma sala de aula, em situação de pesquisa. Contribuíram para:

- uma compreensão da relação entre as ações de ensinar e pesquisar. Estas constituem uma única dimensão do trabalho docente e realimentam-se continuamente. A ação do professor pode acentuar um desses pólos constitutivos mas se desenvolvemos uma prática de ensino consistente ela se realiza também por uma conduta de pesquisa sistemática, ainda que não formal. Em sentido oposto, a reflexão sobre o fazer docente é fonte rica de questões de pesquisa pertinentes e relevantes;
- uma reflexão sobre o alcance de se explicitar uma agenda em sala de aula e de como lidar com a diferença de objetivos assumidos por alunos e professor, em uma situação de ensino;
- um reforço sobre a importância de se considerar as categorias perceptuais produzidas pelos alunos quando interpretam figuras e estruturas de experimentos. Não apenas os conhecimentos prévios se revelam nessas categorias, mas também um jeito próprio de ver e manusear os objetos e a necessidade de explorá-los, continuamente, reelaborando e precisando, cada vez mais, a percepção da situação vivida. Essa importância da oportunidade de manusear e explorar os objetos tem implicações importantes na organização de atividades práticas e aulas demonstrativas;
- um questionamento acerca dos potenciais de um ambiente de trabalho em grupo, na medida que se destacou a sua complexidade, e a rede de ações simultâneas que se concretiza, para além do controle do professor;
- uma discussão sobre as estratégias de acompanhamento dos grupos e a importância do trabalho do professor, considerando a diversidade de estilos de

conduta e de motivação, as diferentes maneiras como os recursos, à disposição dos alunos, são utilizados por eles;

- a visão de que preparar uma aula ou uma seqüência de ensino, especialmente a que prevê trabalhos em grupo, é uma verdadeira tarefa de *design*;
- um destaque na tensão permanente entre o diálogo e a transmissão do conhecimento.

É possível construir uma caracterização a partir desses núcleos e das descrições que geraram? Dessas descrições, o que pode ser considerado um etnométodo? É possível elucidar aspectos dessas descrições a partir da compreensão situada da cognição? Essas questões serão tratadas no próximo capítulo, onde fazemos uma síntese dos resultados e discutimos possíveis implicações.

CAPÍTULO 7

SÍNTESE DOS RESULTADOS E IMPLICAÇÕES

Inserimos o computador com objetivos bem definidos, dentro de duas seqüências de ensino, articulando ambientes de aprendizagem envolvendo simulações, experimentação e exercícios com lápis e papel. Desenvolvemos a investigação com um duplo foco, registrando em áudio e vídeo as interações de alunos e professor, nos diferentes ambientes,. Focalizamos a sala de aula como uma comunidade de prática e, dentro de uma abordagem descritiva, procuramos revelar elementos característicos dessa comunidade. Partimos do pressuposto de que as interpretações, produzidas por alunos e professor, sobre o que fazem e o que lhes cabe fazer concretizam, de forma não antecipada e não completamente determinada, as diferentes situações da sala de aula.

Essa perspectiva etnometodológica dirigiu nosso olhar para as ações práticas de alunos e professor, buscando conferir estabilidade ao seu espaço de atuação e interação. Da observação do material empírico, realizamos destaques e os objetivamos na forma de narrativas. Estas foram tratadas como dados de segunda ordem, gerando a transcrição de episódios (capítulo 5) ou sendo diretamente interpretadas (capítulo 6).

O segundo foco da pesquisa dirigiu-se às práticas de interpretação dos alunos, recortadas das descrições mais amplas das interações ocorridas na sala de aula. Nossos estudos sobre cognição situada e fenomenologia levaram-nos a discutir como a percepção comparecia nas práticas de interpretação dos alunos. Estas foram exemplificadas nos diálogos transcritos. Para fazer a síntese dos resultados dessa investigação retomaremos de forma concisa as contribuições dos capítulos 5 e 6, nos quais tratamos, respectivamente, de aspectos do fenômeno da cognição e de elementos descritivos da prática de sala de aula.

7.1 – PRÁTICAS DE INTERPRETAÇÃO E PERCEPÇÃO

Mostramos que a possibilidade de manipular uma representação na tela do computador, parando, avançando, retrocedendo a animação, em passos de tempo diferenciados, favorece a interpretação e construção de modelos pelos alunos. As simulações

cumprem o papel de ferramenta de pensamento, intermediando a relação entre objetos do mundo real e um modelo que os descreva e explique. Favorece também uma melhor compreensão do significado algébrico de determinadas relações, na medida em que é possível visualizar, na tela, a quantidade de uma grandeza relacionada à quantidade unitária de outra, como foi mostrado no episódio de comparar movimentos circulares uniformes de mesmo período e raios diferentes.

Se por um lado isso é um fator positivo a ser explorado, por outro, devemos estar atentos para outra evidência. Os alunos operaram sobre a representação dinâmica do modelo como se essa fosse um experimento, com parâmetros próprios, diferentes daqueles que sustentam a produção da representação. É preciso cuidar para que os alunos não percam de vista que, embora seja um objeto manipulável, trata-se ainda da representação de um modelo, sendo esse seu caráter essencial.

Um ambiente de aprendizagem que permite aos alunos operar sobre representações dinâmicas provê condições para uma maior aproximação das categorizações mais elementares que elaboram, as de natureza perceptual. No capítulo 5, apresentamos evidências de que a percepção desempenha um papel não periférico na elaboração de conceitos. A percepção é um ato generativo que já expressa uma coordenação conceitual elementar, ponto de partida para construções mais complexas. A produção de um registro matemático do número não inteiro de voltas envolve toda uma cadeia de operações que parte de uma categoria perceptual e retorna a ela, em um processo de realimentação contínua de perceber, conceituar e agir sobre um objeto, no caso uma representação.

A partir de um diálogo com estudos, desenvolvidos por SACHS (1987), de pacientes acometidos por disfunções neurológicas, CLANCEY (1996) propõe uma noção mais geral de abstração, que ele nomeia como coordenação conceitual e que sempre ocorre quando se relaciona e se organiza ações no tempo. Se não se encaixam na definição convencional de pensamento abstrato, as ações seguintes são exemplos, propostos por Clancey, dessa noção mais geral de abstração, traduzida pela idéia de coordenação conceitual: distinguir uma entonação; visualizar uma cerca viva em torno de um gramado; colocar o braço em uma manga de camisa ao se vestir.

Amplia-se portanto a idéia de abstração que não seria representada por um vetor que leva do específico para o geral ou do explícito para o implícito. Todo processo de ordenar e relacionar ações no tempo envolve abstração. A abstração ocorre desde os processos mais elementares envolvendo percepção e ação até os mais complexos, próprios do raciocínio

simbólico. O ponto salientado por Clancey é que coordenações percepto-motoras são abstrações.

Percepção associa-se à idéia de concretude, proposta por SACHS (1987). Para Sachs, o concreto é elementar. O concreto é o que torna a realidade ‘real’, pessoal e significativa. Sem a concretude, a abstração compõe estruturas, relaciona qualidades abstraídas, mas não necessariamente portadoras de significado. A preservação do concreto, em uma situação de lesão cerebral, significa a possibilidade de preservar dimensões essenciais do *ser* da criatura ferida. Significa a possibilidade da preservação da personalidade, da identidade, da humanidade. Na falta de *abstrações unificadoras*, o mundo pode ainda ser *vivido como uma realidade extraordinariamente rica, profunda e concreta* (SACHS, 1987:166). Em nosso entender, tais vivências passam pela experiência perceptual.

Percepção é, portanto, ação construtiva. Percepção e ação designam-se mutuamente. A percepção se completa com a ação que a deflagrou. Perceber envolve inicialmente o ato de dirigir o olhar, de prestar atenção, propositivamente, vislumbrando oportunidades para a ação. Como essa forma de compreender a percepção relaciona-se com a elaboração de conceitos?

Em uma investigação desenvolvida sobre percepção visual, ROTH (2002) assim caracteriza a percepção:

(...) percepção não pode ser igualada com os estímulos que incidem na retina. Não temos consciência visual de tudo, mas de apenas alguns aspectos de uma cena visual, particularmente durante uma experiência de primeira mão, mas novamente quando estamos muito familiarizados com a cena. Através de uma exploração ativa da cena (movendo os olhos, manipulando partes dela manualmente, movendo em torno), passamos a perceber coisas pela primeira vez e como elas estão à parte do modo como se apresentam. Ver é um processo que nos presentifica sempre com o modo de aparecer das coisas, mas quando vemos uma coisa como ‘alguma coisa’, esta ‘alguma coisa’ é diferente do modo como ela se apresenta. A percepção é então um processo contingente e condicionado historicamente, em vez de uma janela transparente em um mundo estável. Embora não estejamos, inicialmente, conscientes de muitos aspectos (eles são imanentes), aspectos comportamentalmente relevantes tornam-se conscientes (transcendentalmente presentes) em momentos de quebra e quando há observações contraditórias. (ROTH, 2002:9)

Para Roth, portanto, sempre que o mundo é experienciado perceptualmente, aspectos específicos emergem na consciência, apenas após experiências consecutivas. O mundo não é dado de uma vez e para todos, da mesma forma. O mundo vai sendo desvelado, de forma contínua, na qual a relação parte-todo é permanentemente modificada, na medida em que mais figuras emergem destacando-se do conjunto do cenário. Percepção está intimamente ligada a exploração. Requer domínio de contingências sensório-motoras. Requer uma integração entre uma exploração propositiva do meio e as capacidades de pensar e de guiar a ação.

Os aspectos específicos do cenário, que emergem na consciência, são, para nós, categorias perceptuais, que vão se multiplicando e sendo reelaboradas, por um processo de exploração contínua. Dominar contingências sensório-motoras e integrá-las com as capacidades de pensar e agir, em uma exploração propositiva constante do ambiente em que se atua, é uma outra maneira de dizer a realimentação contínua entre perceber, conceber e agir. Ao chamarmos a atenção, em um dos núcleos de narrativas do capítulo 6, para a importância da negociação de evidências, citávamos essa investigação de Roth. Destacávamos então a diferença entre a familiaridade que o professor tem em relação ao material apresentado, especialmente em uma demonstração, e a familiaridade ou completa não familiaridade dos alunos com esse mesmo material. Numa demonstração, essa limitação inerente implica dedicar tempo na descrição dos aspectos essenciais da estrutura mostrada, do lugar e da função de cada elemento em relação ao que se quer mostrar. Criar um ambiente favorável para que os alunos contem o que vêem não é um detalhe, mas uma ação especial para guiar a exploração, para criar uma familiaridade mínima, ainda que não mediada pelo manuseio da estrutura, pelos próprios alunos.

Esse manuseio foi oportunizado no experimento com força centrípeta. Nesse contexto vale uma apresentação não detalhada da montagem, apenas o suficiente para incentivar a exploração. A discussão sobre aspectos da montagem, durante sua operação, deve ter sempre presente a dimensão perceptual. Isso implica buscar sistematicamente uma negociação de evidências, mediada pela exploração exaustiva dos aspectos materiais do experimento proposto.

Na interação com as simulações que produzimos no *Modellus*, há uma direção de interpretação estabelecida pelas instruções e questões escritas na tela, ao lado das representações em movimento. Ao prestar atenção nas telas, o aluno elabora categorias perceptuais resultantes de uma coordenação de aspectos perceptuais, motores e conceituais. A partir dessas categorias, articula outras, reelabora seus conhecimentos prévios, reedita sua

história de transações com o ambiente da sala de aula, com a estrutura específica do ambiente de aprendizagem, do qual é parte integrante, e com o tema em questão. Elabora conceitos e os expressa nos diálogos com os pares e com o professor.

Da mesma forma que na negociação de evidências de um experimento, ao buscar-se um ambiente de interação e diálogo, é muito importante incentivar o aluno a dizer o que viu na tela, ou em um sentido mais geral, explorar as categorias perceptuais que produz ao interpretar qualquer tipo de imagem ou estrutura. Isso porque na fala do aluno, abre-se uma janela de aproximação das categorias mais elementares que ele produz. Essa aproximação é feita pelo próprio aluno que ouve e reelabora seus enunciados, assim como pelos demais interlocutores na situação de interpretação. E, nessa interlocução permanente, constroem-se categorias cada vez mais complexas sobre essas categorias elementares. Ao expressá-las, o que o aluno diz vai paulatinamente modificando o que percebe, acrescido de outros estímulos propiciados pelos colegas e pelo professor. Estabelece-se um ambiente de aprendizagem com fontes diferenciadas de modo que, no plano das coordenações mais elementares, as categorias produzidas resultam de um processo em que a cognição é distribuída.

Compreendemos o acoplamento estrutural, proposto por MATURANA e VARELA (1995), como traduzindo esse caráter distribuído da cognição. Na produção de categorias perceptuais, o sujeito está integrado às demais fontes do meio. A percepção emerge desse acoplamento em uma ação total, integrando diferenças que fazem diferença para o sujeito. Admitida a validade desse argumento, uma de suas conseqüências é a necessidade de estarmos atentos às intervenções que fazemos quando discutimos com os nossos alunos, ou os orientamos na interpretação de um gráfico, de um desenho articulando diferentes representações como, por exemplo, vetores, trajetória e números. Uma estratégia que pode dar bons resultados é a de criar condições para que o aluno faça enunciados que permitam inferir a informação perceptual mais elementar que tenha elaborado. Estar atento a esse tipo de informação, não considerá-la uma simples entrada, algo mais próximo do dado puro, mas como um ato construtivo. Ao fazê-lo, indagar sobre os possíveis aspectos particulares da figura integrados pelo aluno e que fatores internos e externos guiaram tal integração. Dialogar a partir desses aspectos e elaborar conjuntamente as coordenações seguintes. Estar atento a esse tipo de informação explicitada pelos alunos é uma atitude que cria condições para o diálogo em sala de aula e para a elaboração coletiva de conceitos. Fazê-lo significa criar oportunidades de aprendizagem.

Acreditamos, portanto, que a percepção exerce papel fundamental no processo de elaboração de conceitos. Deve ser entendida como um ato generativo, uma coordenação conceitual elementar. Constitui-se nesse sentido em uma porta de entrada potencialmente reveladora das diferenças que fazem a diferença para nosso aluno e, por isso, elemento constitutivo de oportunidades de diálogo, de construção e aprendizagem.

Retomamos a seguir, ainda dentro da discussão sobre percepção, a idéia de tempo vivido e tempo medido, desenvolvida no capítulo 5. A partir dela exploramos os aspectos imanentes da experiência perceptual.

7.2 – PERCEPÇÃO E IMANÊNCIA

Com base na discussão que fizemos sobre tempo vivido e tempo medido, nesse esforço de síntese e de destaque dos principais resultados da investigação, mostramos como o reconhecimento de aspectos imanentes da percepção pode ser aplicado na compreensão de algumas estratégias e situações de ensino. Nessa explanação, nossa âncora encontra-se nos estudos feitos sobre fenomenologia e consciência do tempo .

Compreendemos a imanência como um componente essencial da experiência vivida, inteira, que flui no sentido de uma realização. Os aspectos imanentes de uma experiência são tácitos, têm um papel subjacente. O sujeito da experiência tem consciência deles apenas de forma subsidiária. Contudo, esses elementos imanentes da experiência compõem-na de modo fundamental, na medida em que são o substrato do conhecimento passível de ser representado, comunicado.

Vejamos um exemplo. A percepção de ritmo ou de rapidez é imanente. Coordenamos espaço e tempo, de modo inteiro, em um fluxo contínuo, ininterrupto. De fato, nesse domínio da imanência, sequer faria sentido falar de espaço e de tempo. Transcender a experiência vivida de ritmo/rapidez é recortá-la, por exemplo, criando os conceitos de espaço e tempo, separando - os, transformando-os em variáveis passíveis de serem relacionadas. Não é isso que fazemos, por exemplo, no estudo e no ensino da cinemática?

Quando ensinamos o conceito de velocidade, criamos situações - mais ou menos interativas, mais ou menos dialógicas, mais ou menos próximas do domínio espaço-temporal concreto - nas quais os alunos são levados a resgatar sua experiência de rapidez, a relação imanente que mantêm com essa totalidade espaço-tempo. Um primeiro movimento de transcender essa experiência é explicitar uma consciência do tempo. Nesse movimento

intermediário, o espaço continua imanente, diferentemente do tempo ao qual está coordenado. Esse está agora recortado, possivelmente medido em um certo intervalo. O outro movimento possível, nesse mesmo patamar, é o de inverter as condições do espaço e do tempo. O primeiro é recortado, medido, comparado, porém coordenado ao segundo, vivido de forma imanente.

Ao trabalharmos o conceito de velocidade, almejamos que o nosso aluno faça o movimento inteiro: extrair espaço e tempo dessa experiência imanente; separar espaço e tempo, trata-los como variáveis distintas e relacionadas. Se alcançado esse objetivo, os alunos estarão mais próximos da elaboração do conceito de velocidade. O relato a seguir é o de um professor de Física²² contando uma experiência positiva com o ensino de velocidade, em um ambiente de grupo de discussão, na internet.

“(...)Resolvi nesse ano de 2001 tentar outra abordagem. Aproveitando a liberdade que minha escola me dá para dar aulas no pátio, mesmo no turno da noite, fiz o seguinte:

1) Levei os alunos para a quadra de futebol de salão. Cada um deveria levar seu caderno e um lápis ou caneta para fazer anotações. Pedi que dois alunos disputassem quem ia mais depressa de um gol ao outro, sem correr, só andando depressa. Os dois primeiros voluntários tinham mais ou menos a mesma velocidade, o que não seria bom para a experiência que planejava para os alunos. Isso me fez escolher outros dois, cujas características físicas me fizeram supor que teriam velocidades bem diferentes. Acertei. O que parecia ser mais ágil atravessou a quadra em menos tempo que seu colega. Note que os alunos saíram no mesmo instante e que o tempo deles não foi cronometrado. A distância percorrida também não era conhecida e nada garante que nossa quadra tenha medidas oficiais. Perguntei aos alunos:

- Qual deles andou mais depressa?

- O Marcelo. Responderam-me.

- E qual deles teve, então, a maior velocidade? Perguntei.

- O Marcelo. Responderam de novo.

- Por que?

²²Relato do professor Petrônio Lobato de Freitas, compartilhado na lista de discussão fisica-mg@grupos.com.br.

- Por que o Marcelo gastou menos tempo que Luís para chegar. Ótimo! O primeiro passo estava concluído. Os alunos perceberam uma relação entre velocidade e tempo. Quanto menos tempo se gasta para percorrer uma certa distância, maior é a velocidade. Óbvio para nós, mas nem sempre é óbvio para eles. É fundamental certificar que eles entenderam isso, dizendo:

- Ah! Então quanto menos tempo uma pessoa gasta para percorrer uma certa distância, maior é a velocidade dela! Observação: Eu deveria ter pedido aos alunos para anotarem isso.

2) Pedi a outros dois voluntários que andassem rápido de um gol ao outro apenas para que eu pudesse estimar quanto tempo gastariam. Isso não foi contado como experiência. Os alunos gastaram menos de 10 segundos para percorrerem a quadra. Pedi aos alunos que voltassem ao primeiro gol. Eles deveriam disputar quem andaria mais rápido, sem correr, só andando. Eles saíam juntos e quando eu gritasse "PAROU!" deveriam parar exatamente no lugar em que estivessem. Não poderiam se mover até que eu dissesse. Mande os alunos pararem depois de 5 segundos de caminhada e perguntei aos seus colegas e a eles mesmos:

- Qual deles andou mais depressa?

- O João andou mais rápido que a Maria. Responderam.

- Então, qual deles teve a maior velocidade?

- O João.

- Por que? Perguntei eu.

- Porque ele andou mais rápido. Respondeu um aluno que não entendera onde eu queria chegar.

- E como vocês sabem que o João andou mais rápido que a Maria se o tempo que os dois gastaram foi o mesmo?

- O João andou uma distância maior.

- Ah! Bom!... Então, num mesmo intervalo de tempo, o que percorre uma distância maior tem a maior velocidade. - Reforcei. Note que ainda não medi distância nenhuma e que marquei o tempo aqui apenas para justificar o instante escolhido para dar o sinal para os alunos pararem.

3) Escolhi outros dois alunos que ainda não haviam participado da corrida e que, portanto, ninguém teria idéia se andariam mais rápido ou mais devagar. Pedi que ficassem debaixo da trave do gol enquanto explicava aos alunos o que eles

fariam. Eles não sairiam juntos. Sairia primeiro um e andaria até o meio da quadra. Eu marcaria o tempo gasto por ele para percorrer essa distância. Em seguida, o outro aluno andaria a quadra toda e seu tempo também seria marcado. Pedi aos alunos que anotassem os nomes dos colegas, com seus respectivos tempos e o que cada um fez. Pedi, então, que me dissessem qual deles tinha a maior velocidade. (Já não falo mais de quem andou mais rápido. Passo a adotar o termo velocidade propositadamente para que se acostumem.) Após alguns segundos alguns alunos chegaram com a resposta:

- Pedro Paulo andou a metade da quadra em 6,22 segundos. Wellington andou a quadra inteira em 11,05 segundos. Se o Pedro Paulo tivesse andado a quadra toda ele teria gastado o dobro do tempo, isto é, 12,44 segundos, que é mais que o tempo gasto pelo Wellington. Logo o Wellington teve a maior velocidade.

Perguntei se os outros alunos entenderam. Disseram que sim. Acabo de introduzir a noção de proporção entre distância percorrida e velocidade, mas os alunos ainda não notaram isso. (...)

(...) 5) Seguindo uma linha no chão que divide a quadra longitudinalmente ligando o meio de um gol ao meio do outro, distribuí três marcações com distâncias propositadamente irregulares entre elas. Pedi a três alunos que percorressem cada um na sua vez uma daquelas distâncias. João andou do gol até a primeira marcação em 3,50 segundos. Depois, Maria andou do gol até a segunda marcação em 5,82 segundos. Em seguida, Patrícia percorreu do gol até a terceira marcação em 11,75 segundos. Perguntei se eles seriam capazes de dizer qual dos alunos foi o mais rápido, qual o mais ou menos rápido e qual o menos rápido. Lembrei-lhes de que as distâncias não são proporcionais e perguntei se apenas com o tempo de cada aluno seria possível responder à pergunta. Um aluno sugeriu que deveríamos saber a distância percorrida por cada um dos alunos. Furneci a dois alunos uma trena e acompanhei-os na medição das distâncias. Seus colegas anotaram tudo. Pedi aos alunos que tentassem encontrar uma solução para o problema e que justificassem seu raciocínio. O sinal para a próxima aula toca. Os alunos foram para sala com a cabeça no problema proposto e o raciocínio trabalhando numa solução. Eu não espero que eles encontrem uma solução para o problema, mas confio em que esquentarão muitos neurônios tentando. Na hora do recreio um dos alunos me

procurou. É um dos alunos que participou da última etapa da atividade no pátio. Ele rabiscou num papel o resumo de seu raciocínio e vem me perguntar se está certo. Consegui meu intento: coloquei-os para pensar sobre velocidade. (...)

Na etapa 1 da atividade, o professor destaca, de uma experiência vivida com os alunos, a percepção do tempo, buscando uma comparação com o intuito de relacionar o menor tempo à maior velocidade. Parece acreditar que ao compartilhar com os alunos essa relação, está claro que, para todos, ela ocorre em percursos de mesma distância. Em nosso entendimento a relação menor tempo de percurso/menor velocidade é estabelecida, porém coordenada a uma percepção imanente da distância.

Na etapa 2, o tempo é recortado, medido: 5 segundos. Será que deixou de ser imanente para os alunos, mediante uma ação explícita de medida, feita pelo professor? Acreditamos que não. Arriscamos dizer que na etapa 2 provavelmente, a distância deixa de ser imanente, mas fica coordenada a um tempo imanente. O professor, de forma inteligente e criativa, vai criando situações que destacam esses dois componentes da percepção de rapidez. A aula termina com uma questão em aberto, com a proposição de solucionar um problema que, possivelmente, conduz ao conceito de velocidade, expressando uma relação explícita entre espaço e tempo.

Uma conclusão possível dessa discussão é a de que tratamos com as percepções presentes e anteriormente vividas pelos alunos sem possivelmente atentarmos sobre os seus aspectos imanentes, que buscamos recortar, medir, submeter a relações muitas vezes idealizadas. Por uma série de razões, ao contrário do que fez o professor do relato, não dedicamos tempo suficiente a essa etapa da elaboração de um conceito. Se atuarmos de forma deliberada sobre esses aspectos imanentes da percepção (que desejamos recortar, medir, relacionar) certamente estaremos criando oportunidades de aprendizagem.

7.3 - A SALA DE AULA COMO UMA COMUNIDADE DE PRÁTICA

Do ponto de vista da etnometodologia, o material empírico trabalhado requer novas aproximações para uma identificação e descrição mais precisas dessas ações práticas que alunos e professores desenvolvem para conferir estabilidade aos seus espaços de atuação. Entretanto, reunimos no capítulo 6 elementos de descrição que possibilitam uma caracterização da prática de sala de aula, um dos focos desta investigação. Não prosseguimos no desvelamento de etnométodos potencialmente presentes nas descrições. Acreditamos haver

caracterizado um: o compromisso compartilhado por alunos e professor de produzir a explicação correta, deixando em segundo plano os meios e o processo necessários à sua concretização. Do ponto de vista dos papéis que professor e alunos se atribuem e o do que se considera como cabível, desejável, passível de ser reconhecido dentro de uma determinada comunidade de prática (aspecto funcional da cognição), esse compromisso é um aspecto importante da coreografia do fazer em sala de aula. Do ponto de vista comportamental – a percepção do que faço agora e dos efeitos de minha ação modifica o que faço em seguida - há uma realimentação mútua entre alunos e professor reforçando a explicitação da resposta certa. A pergunta que os alunos fazem ao professor não recupera a rica discussão que precedeu sua chegada. A escuta do professor e sua intervenção também não efetivam esse resgate. Conceitos e relações são, então, enunciados de forma pretensamente clara, estruturada. Os alunos se esforçam para fazer o registro da forma enunciada pelo professor. Uma oportunidade de aprendizagem é pobremente explorada. Quando algum membro do grupo - como foram os casos de Danilo (turma de 2001) e Mário (turma de 2002) - quebra o ritmo dessa coreografia, reafirmando suas convicções, chamando para o debate colegas e professor, ficam evidenciados, pelas narrativas e transcrições, a força da interação e do diálogo na construção do conhecimento.

A coreografia de ‘fazer conforme o modelo’, de ‘produzir a explicação e a resposta corretas’ determina a forma como os diferentes artefatos, presentes em cada ambiente – simulações, livro didático, experimento – são utilizados pelos alunos. A identificação dessa coreografia suscitou o questionamento sobre as razões que a sustentam e realimentam na dinâmica das interações em sala de aula. Com base na experiência docente do relator desta pesquisa, uma das razões pode decorrer da meta de cumprir o programa estabelecido para uma aula, para uma etapa, para o ano letivo. Nessa perspectiva, o tempo, como um aspecto da organização e desenvolvimento do trabalho, adquire protagonismo e realimenta continuamente a tensão entre diálogo e transmissão.

Essa tensão é inerente à prática de sala de aula. Pode ser produtiva, no sentido de dar ritmo ao trabalho, de impulsionar progressos, de preencher lacunas que geram novos problemas e realimentam o diálogo. Mas pode também calar a voz do aluno, impedir elaborações mais ricas do ponto de vista individual e coletivo. Pode impedir o aproveitamento de situações potenciais de aprendizagem. Administrar produtivamente essa tensão é uma competência a ser buscada, continuamente, em nosso desenvolvimento profissional como

professores. Implica buscar clareza de objetivos e capacidade de redefini-los permanentemente.

Outro elemento característico dos ambientes pesquisados é a simultaneidade de ações, dramaticamente acentuada quando o ambiente é estruturado com base na realização de atividades em grupo. O reconhecimento dessa simultaneidade implica na consciência dos limites de nossa intervenção como professores, ao mesmo tempo em que ressalta sua importância. Os acontecimentos simultâneos desenrolam-se para muito além do controle docente. Não é possível acompanhar, com eficácia, todos os grupos. Para alguns, de fato, uma distância maior do professor pode significar momentos de progresso na capacidade de argumentação e de uma aprendizagem autônoma. Outros grupos, que não solicitam a presença do professor, são aqueles em que a presença dele é mais importante. Sobretudo uma presença que saiba ouvir, que saiba identificar o que emperra o progresso do grupo. Ciente da diversidade de estilos e motivações, cabe ao professor atuar positivamente sobre a passividade dos alunos.

Acompanhar os trabalhos de grupo começa, então, pela arte de fazer escolhas, em meio ao excesso e à falta de demandas, em meio a condutas autônomas e àquelas muito dependentes de um suporte, em meio à participação e à passividade. O ambiente de atividades em grupo não é necessariamente um ambiente favorável à aprendizagem. Depende do *design* da atividade e, sobretudo, da intervenção sistemática e seletiva do professor. Expressa uma dinâmica complexa, retratada pela simultaneidade e diversidade de ações.

De SÁ e BORGES (2001) investigaram a compreensão que os alunos expressam dos objetivos de uma atividade prática em um ambiente de experimentação. Segundo seu estudo, a maior parte dos alunos não apreende os objetivos propostos pelo professor no início da atividade. No entanto, isso não impede o desenvolvimento da atividade pelos alunos. A partir de diálogos entre alunos e professor, De Sá e Borges mostram que a compreensão dos objetivos propostos evolui no transcurso da atividade. Na medida em que o professor interage com os alunos, tendo clareza dos objetivos que quer atingir, e fazendo as abordagens de forma adequada, alunos que não demonstraram compreensão dos objetivos no início da atividade, não apenas realizam essa compreensão, como dão indicadores de que os objetivos propostos foram alcançados. Esse resultado do trabalho de De Sá e Borges dirige o nosso olhar de uma forma diferente para as descrições que mostram a distância entre o que é importante para o professor, no início de uma atividade, e no que estão ligados os alunos ou o que eles apreendem inicialmente. Nossas descrições e essa compreensão dos objetivos, em processo,

destacada por De Sá e Borges, relativizam os efeitos de explicitar a agenda, no início de cada aula. Continuamos acreditando na importância dessa ação, mas ela deve estar sintonizada com uma concepção expressiva de objetivos e atividades, destacada por MAD AUS and KELLAGHAN (1992) e NESPOR (2001).

Madaus and Kellaghan, atribuem a EISNER (1969)²³ a proposição de se trabalhar com objetivos ‘expressivos’, que não especificam os resultados do ensino da mesma forma que os objetivos instrucionais. De outro modo, os objetivos expressivos são usados para descrever ‘um encontro educacional’, no contexto da realização de uma atividade ou da solução de um problema. Na mesma direção Nespor, também dialogando com Eisner, afirma que o objetivo instrucional é prescritivo e a atividade instrucional é uma prescrição do que será necessário para realizá-lo. A atividade expressiva não é prescritiva, mas evocativa. Ela não busca antecipar um tipo particular de resposta. Em vez disso, ela objetiva construir um encontro, criando um ambiente ou formando uma situação que estimulará respostas e soluções dos estudantes diversas e amplamente não antecipadas.

Essa formulação opõe duas concepções de objetivo. Nossas descrições da sala de aula destacam a complexidade desse ambiente e a existência potencial de todo tipo de fricção a iniciativas, que flexibilizam ou rompem com estratégias de transmissão do conhecimento. A estruturação e realização de atividades expressivas, conforme propostas por Eisner, caracterizam uma situação ideal, que deve ser buscada, por aproximação. Acreditamos na estratégia de perseguir, inicialmente, objetivos mais modestos, não deixando de levar em conta um conjunto de limites ao exercício dessa concepção expressiva de atividade e objetivo. Tal exercício remete-nos à postura do professor em relação aos objetivos que direcionam sua ação. Acreditamos que ela deve ser uma postura de flexibilidade e evocativa. Isso se conecta com a afirmação sobre o caráter generativo da percepção, destacado nos ambientes com simulações (capítulo 5). Reforça também a importância de se negociar permanentemente as evidências produzidas em um ambiente de experimentação (capítulo 6). Os resultados desta investigação salientam a necessidade de, como professores, reconhecermos a impossibilidade de controle sobre o que elabora o aluno. Não só reconhecer, mas valorizar e tirar proveito desse aspecto inerente da aprendizagem. Nessa perspectiva, alcançar um objetivo implica a

²³EISNER, E. W. Instructional and expressive educational objectives: their formulation and use in curriculum. In: POPHAM, W. J. , ELLIOT, E. W., SULLIVAN, H. J. and TYLER, L. L. (Ed.) *Instructional Objectives*. AERA Monograph Series on Curriculum Evaluation 3. Chicago: Rand McNally, 1969.

modificação do que foi inicialmente proposto, ainda que o inicialmente proposto tenha sido feito de forma prescritiva.

Completa, finalmente, essa síntese dos elementos de descrição da prática de sala de aula, a diversidade de estilos de conduta e de motivações. Já ressaltamos que uma argumentação teórica sobre a existência e a caracterização desses estilos é uma pesquisa que, por si mesma, exigiria um novo mergulho no material empírico, fugindo do escopo desta tese. Apresentamos, como resultado de nossa abordagem descritiva, evidências dessa diversidade. Do ponto de vista situado da cognição, a caracterização desses estilos implicaria possivelmente na proposição e tentativa de responder questões como: Qual a coreografia de cada estilo? O que valoriza e que papel o aluno atribui a si? Que papel atribui ao professor? Que condutas considera desejáveis na comunidade prática da sala de aula? Acreditamos que a estruturação e articulação de diferentes ambientes de aprendizagem e o registro em áudio e vídeo das ações, nesses diferentes ambientes, contribuíram para evidenciar a diversidade de estilos. Isso reforça a importância de o professor tentar estruturar um curso que proporcione diferentes ambientes de aprendizagem.

Acreditamos que essa diversificação não depende da existência de laboratórios de informática ou de laboratórios para a realização de experimentos. Esse tipo de condições de trabalho deve ser objeto de luta incansável. Contudo, a inexistência desses espaços não deve impedir a diversificação. Um planejamento cuidadoso pode articular, de forma adequada e produtiva: aulas expositivas; demonstrações realizadas pelo professor; trabalhos práticos construídos e apresentados pelos alunos; visitas a locais onde seja possível revelar e discutir o conhecimento físico aplicado; realização de experiências de pensamento; apresentação de seminários pelos alunos; leitura comentada de textos, do livro adotado ou de outras fontes. Se a esse conjunto de ações, mais viáveis, puderem ser agregadas atividades experimentais, atividades com simulações e com vídeos, em espaços com os recursos apropriados, as possibilidades de diversificação ficam ainda maiores. Ao evidenciar a diferença de estilos, desdobramos a implicação de que diversificar ambientes de aprendizagem favorece que todos os alunos ‘entrem na roda’, produzam e aprendam conhecimento físico, dentro de uma dinâmica com a qual se identifiquem mais. Nossa aposta é em que participando de um ambiente onde se sinta bem, expressando e desenvolvendo seus potenciais de aprendizagem, o aluno se abra para o restante da programação proposta em um curso de Física. Aquela expressão ‘odeio Física’ pode estar fundada no sentimento permanente de fracasso e à

sensação, por parte do aluno, de que não é capaz de aprender nada dessa área de conhecimento.

7.4 – É PRECISO RECONHECER OS LIMITES

A sistematização de elementos de descrição da sala de aula nos aproxima por um lado de conclusões propostas por ROTH, BOWEN and MCGINN (1999) quando estes afirmam que procedimentos de interpretação devem ser analisados no contexto de uma prática social. Por outro coloca-nos a questão de que prática social focalizar. Roth e colaboradores entendem que os recursos de interpretação não devem ser ensinados aos estudantes de forma independente de interpretações de situações reais. Com base em uma investigação desenvolvida com alunos de um curso de biologia, afirmam que compreender gráficos de população é mutuamente constitutivo com o conhecimento e o entendimento da evolução de populações reais. Assim, concluem que os estudantes precisam participar de atividades que lhes possibilitem melhorar a competência de interpretar gráficos e desenvolver recursos de interpretação acessíveis através de práticas científicas mais autênticas.

Entretanto, perguntamos: como estruturar ambientes de trabalho científico autêntico no espaço da sala de aula em meio a limites característicos desse espaço? Qualquer que seja a abordagem escolhida, ela terá de lidar com as tensões transmissão x construção, educação para todos x formação específica e aprofundada, avaliação processual x avaliação de fim de processo, estabelecimento de ritmos médios x tratamento das diferenças, princípios gerais de uma disciplina x abordagem integrada e contextualizada (MOREIRA, 1999). Em que medida essas tensões dificultam a transposição do fazer científico autêntico para o contexto da escola? Considerando questões dessa natureza entendemos que a prática que ocorre no interior da sala de aula e da escola deve ser estudada como uma prática social com características próprias, que procuramos elucidar no capítulo 6, e que impõe obstáculos ao exercício de uma prática científica autêntica. Além das tensões mencionadas neste parágrafo, destacamos, mais uma vez, como características das comunidades de prática pesquisadas e demarcadores de limites ao exercício de uma prática científica autêntica:

- o compromisso, compartilhado por alunos e professor, de produzir a explicação correta, colocando em segundo plano os meios e o processo necessários à sua concretização;

- a simultaneidade de ações em sala de aula, dramaticamente acentuada quando o ambiente é estruturado com base na realização de atividades em grupo;
- a complexidade do ambiente da sala de aula e a existência potencial de todo tipo de obstáculo a iniciativas que flexibilizam ou rompem com estratégias de transmissão do conhecimento;
- a distância entre o que é importante para o professor, no início de uma atividade, e no que estão ligados os alunos ou o que eles apreendem inicialmente;
- a impossibilidade do controle sobre o que o aluno elabora, conjugada à diversidade de estilos e de motivações apresentadas pelos alunos.

Essa investigação apresentou evidências da possibilidade de se estruturar ambientes de aprendizagem motivadores, que incorporam elementos do fazer científico – elaboração, representação e interpretação de modelos - mas que não implicam necessariamente em um projeto mais ousado como, por exemplo, tratar um problema em aberto. A observação das interações permitiu-nos reforçar a constatação de que articular experimento, construção de representações de um modelo e interpretação dessas representações animadas no computador, cria um contexto que favorece o engajamento e as trocas em sala de aula. Além disso, cria uma situação diferente de interpretação, uma vez que os estudantes estão envolvidos com representações dinâmicas, que evoluem no tempo, que podem efetivamente ser manipuladas externamente, como objetos concretos. Tal condição torna o ambiente com simulações um nível intermediário entre objetos do mundo real e o conhecimento científico.

Em relação aos etnométodos de alunos e professor, o espaço da sala de aula comporta uma prática social específica constituída de preocupações correntes, procedimentos de rotina, instrumentos e técnicas que devem ser dominados, uma linguagem própria, com seus momentos de ruptura, ausência de comunicação e não produção de resultados esperados. Justamente por isso, a transposição para seu interior de elementos de uma prática científica autêntica deve levar em conta as condições objetivas do ensino de Ciências nas escolas, o currículo em ação, as diferentes tensões inerentes à sala de aula. É nesse contexto que professores e alunos tomam decisões, comunicam-se, agem e conferem uma estabilidade à prática da qual são sujeitos.

Por um lado a tentativa de se criar um ambiente de prática científica autêntica, por exemplo, no desenvolvimento de projetos fundados na construção e solução de um problema, sinaliza a abertura de muitas possibilidades e de um ensino mais formador e com mais

significado para o aluno. Por outro as condições objetivas da sala de aula e a prática que nela se realiza colocam obstáculos que, se não considerados, poderão afastar a perspectiva do fazer científico autêntico para espaços educativos pouco representativos das decisões, do que pode ser feito, do que efetivamente se faz no âmbito do ensino de Ciências e de Física, especialmente na educação média. O diálogo com o fazer autêntico da ciência é, sem dúvida, uma fonte rica de revisão e adequação dos nossos objetivos e práticas de ensino. Mas esse diálogo deve ser efetivado com os pés no chão...no chão da sala de aula...no chão da escola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARONS, A.B. Student patterns of thinking and reasoning – Part one. *The Physics Teacher*, (21), 576-581, 1983.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v.19, n.3, p. 291- 313, dez. 2002.
- CARROL, J. *Desingning Interaction. Psychology at the Human-Computer Interface*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993, 333p. cap1: Introduction: The Kittle House Manifesto, p.1-16.
- CLANCEY, W. J. Conceptual coordination: abstraction without description. *International Journal of Educationa Research*, 27(1), p.5-19, 1996.
- CLANCEY, W. J. *Situated Cognition; On human knowledge and computer representation*. New York: Cambridge University Press, 1997. 406 p.
- COULON, A. Etonometodologia e Educação. In: FORQUIN, J.C. (Org.); *Socilogia da Educação*. Dez anos de pesquisa. Trad. Guilherme João de Freitas Teixeira. Petrópolis: Vozes, 1995. cap.6, p.300-349.
- DARTIGUES, André. *O que é a fenomenologia*. Tradução de Maria José J. G. de Almeida. 3ª ed. São Paulo: Editora Moraes, 1992, 174p.
- DE SÁ, E. e BORGES, O. Como alunos e professores entendem o propósito de uma atividade de laboratório. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 3, 2001: Atibaia, S.P. *Atas...* (arquivo de computador) Porto Alegre: s.n., 2001.
- DEWEY, J. Experiência e Natureza. In: *Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1974a.
- DEWEY, J. Experiência e Natureza. In: *Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1974b.
- GREGORY, R. Vendo a inteligência. In: KHALFA, J. (org.). *A Natureza da inteligência: uma visão interdisciplinar*; tradução de Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1996. cap.1, p.19-32.
- HESTENES, D. Modeling methodology for physics teachers. *Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education*, College Park, agosto 1996.
- HODSON, D. Experiments in Science and Science Teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20 (2), 53-66. 1988.

- HOLSTEIN, J.A. and GUBRIUM, J.F. Fenomenologia, Etnometodologia e Prática Interpretativa . In: DENZIN, N. K. and LINCOLN, Y. S. (ed.) *Handbook of Qualitative Research*. London: Sage Publications, 1994. p. 262 a 272.
- HUSSERL, E. *A idéia da fenomenologia*. Tradução de Artur Morão. Lisboa: Edições 70, 1986. 133p. (Coleção Textos Filosóficos, 8)
- JAMES, W. Pragmatismo. In: *Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1974.
- LATOUR, B. *Ciência em Ação*; como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. Tradução de Ivone C. Benedetti; revisão de tradução de Jesus de Paula Assis. São Paulo: Editora UNESP, 2000. 438p. (Original inglês)
- MADAUS, G. F. and KELLAGHAN, T. Curriculum evaluation and assessment. In: JACKSON, W. P. (Ed.) *Handbook of research on curriculum*. New York: Simon & Schuster Macmillan, 1992. p. 119-154.
- MATURANA, H. R. e VARELA, F. G. *A árvore do conhecimento*. As bases biológicas do entendimento humano. Campinas: Editorial Psy II, 1995. 281p. (Traduzido da edição, em alemão, por Jonas Pereira dos Santos.)
- MOREIRA, A.F. *Um estudo sobre o caráter complexo das inovações educacionais*. Belo Horizonte: Faculdade de Educação/UFGM, 1999. 214p. (Dissertação, Mestrado em Educação).
- MOREIRA, A. F. e BORGES, O. Percepção e elaboração de conceitos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8, 2002, Águas de Lindóia, SP. *Atas* [CD-ROM]. Organizadas por Deise M. Vianna, Luiz O. Q. Peduzzi, Oto N. Borges, Roberto Nardi. São Paulo: SBF, 2002.
- MOREIRA, A. F. e BORGES, O. Práticas de interpretação mediadas por experimentos e simulações. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 3, 2001, Atibaia, SP. *Atas* [CD-ROM]. Organizadas por Marco Antônio Moreira, Ileana Maria Greca e Sayonara Cabral da Costa. Porto Alegre : s.n., 2001.
- NERSESSIAN, N. Constructing and instructing: the role of ‘abstraction technique’ in creating a learning physics. In: DUSCHL, R., HAMILTON, R. (Eds.) *Phylosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany: State University of New York Press, p.48-68. 1992.
- NESPOR, J. *Ethnografic methods in educational research*. Sillabis 2001. Disponível em <<http://www.tandl.vt.edu/nespor/653401.html>> Acesso em 18 jun. 2002.
- PEA, R. D. Practices of distributed intelligence and designs for education. In: SALOMON, G.(Ed.) *Distributed Cognition*. Cambridge: University Press, 1997. cap.2, 47-87.
- POLANYI, M. *The tacit dimension*. Gloucester: Peter Smith, 1983. 107p.
- ROTH, W.M. From stimulus to science: the changing nature of visual perception. In AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION Annual Meeting. New Orleans, April 1-5, 2002.

- ROTH, W-M. *Authentic School Science*. Knowing and Learning in Open-Inquiry Science Laboratories. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995, 296p.
- ROTH, W-M., BOWEN, G.M., MCGINN, M.K. Differences in Graph-Related Practices between High School Biology Textbooks and Scientific Ecology Journals. *Journal of Research in Science Teaching*, local de publicação (?), v.36, n.9, p.977-1019, 1999a.
- ROTH, W-M., BOWEN, G.M., MCGINN, M.K. Interpretation of Graphs by University Biology Students and Practicing Scientists: Toward a Social Practice View of Scientific Representation Practices. *Journal of Research in Science Teaching*, local de publicação (?), v.36, n.9, p. 1020-1043, 1999b.
- ROY, J-M; PETITO, J.; PACHOUD, B. and VARELA, F.J. Beyond the gap: an introduction to naturalizing phenomenology. In: *Naturalizing Phenomenology*. Issues in contemporary phenomenology and cognitive science. Stanford: Stanford University Press, 1999. (cap.1, p.1-80)
- SACKS, O. *O homem que confundiu sua mulher com um chapéu*. 2ª ed. Trad. Talita Macedo Rodrigues. Rio de Janeiro: Imago, 1988.225p.(Original inglês)
- SALOMON, G. (Ed.) *Distributed Cognitions*. Psychological and educational considerations. Cambridge University Press: 1997. cap.4. p.111-138.
- SCHÖN, D. A. *Educating the reflective practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1987. 355p.
- TAMIR, P., *Practical Work in school: An Analysis of Current Practice*. In Brian Woolnough (ed.), *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press, 1990. (Cap. 2).