

Universidade de São Paulo
Instituto de Física
Faculdade de Educação

A Linguagem Matemática em uma Aula Experimental de Física

Alex Bellucco do Carmo

Orientadora: Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e a Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Comissão Examinadora:
Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho (USP)
Prof. Dr. Orlando Aguiar Jr. (UFMG)
Profa. Dra. Silvia Luiza Frateschi Trivelato (USP)

São Paulo
2006

Ao meu avô Rubens e
ao meu tio Elcio, exemplos de como
aproveitar as coisas simples da vida.
À Vitória, minha noiva.

Agradecimentos

As realizações de qualquer pessoa nunca partem do zero. Sempre existem aqueles que nos ampararam nos momentos difíceis, que fazem os momentos alegres mais alegres, que compartilham idéias, que nos trazem inspiração, que nos mostram caminhos, que nos fazem pensar etc. Por tudo isso, agradeço:

À minha companheira Vitória por todo apoio e paciência quando eu me apresentava desestruturado. E também por toda a inspiração que ela me proporciona!

Aos meus pais que sempre estão dispostos a me ajudar no que for preciso. Agradeço a minha mãe também pelas caronas nas noites de trabalho.

À minha orientadora e amiga Anna Maria pelas valiosas lições sobre iniciativa, dedicação, compromisso e liderança. E também, pelas imperdíveis “pizzadas”!

À Maria Cândida pela ajuda nas leituras e pelas discussões que deram início a esta pesquisa.

Aos professores do grupo de ensino de Física Moderna (Núcleo de Pesquisas em Inovações Curriculares), exemplos a serem seguidos de profissionais do ensino de Física, em especial a professora/pizzaiola Maria Cristina, admirável profissional e uma das principais colaboradoras desta pesquisa.

Aos professores Maurício Pietrocola e Maria Lúcia Vital dos Santos Abib que me apresentaram trabalhos importantes para o encaminhamento desta dissertação.

Às professoras Maria José de Almeida e Silvia Trivelato pelas ricas contribuições apresentadas na qualificação.

Ao professor Orlando Aguiar Jr. e a professora Silvia Trivelato pelos questionamentos na defesa.

À FAPESP pelo apoio financeiro e pelas excelentes contribuições apresentadas nos pareceres dos relatórios.

Aos professores Alberto Villani, Anna Maria, Belmira Bueno, Nelson Ferrara, António Cachapuz, Mirian Krasilchik, Maurício Pietrocola e Manoel Robilota que apresentaram conhecimentos importantes à minha formação durante as disciplinas de pós-graduação.

Ao amigo Rogério que muito ajudou na minha iniciação como pesquisador e pelos desenhos apresentados nas transcrições.

Aos amigos “lapefianos” Beatriz, Carla, Danusa, Diógenes, Dulce, Ernani, Estevan, Francisco, Guilherme, Ivã, Jackson, João, Jorge, Julio, Junior, Lucia, Luciana, Maria Inês, Maria Lucia, Maxwell, Renata, Rogério, Sandra, Talita, Thais Cortellini, Thais Forato, Valéria e Viviane pelas trocas intelectuais e pelos momentos descontraídos em que passamos no LaPEF.

Aos amigos e irmãos Alan, André, Felipe e Renan pelas discussões e momentos de alegria.

À Daniela e André pela ajuda nas traduções e a Fernanda pela revisão.

RESUMO

Carmo, A. B. de. **A Linguagem Matemática em uma Aula Experimental de Física**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

Nesta pesquisa, estudamos como, em uma seqüência de laboratório investigativo, alunos e professor associam a linguagem matemática (incluindo gráfica e algébrica) com as linguagens oral, escrita, gestual e a das representações visuais para construir os significados científicos.

Para alcançar nossos objetivos, fizemos uma revisão de como as diversas linguagens da cultura científica se articulam para edificar os conhecimentos científicos, sendo a linguagem matemática uma das mais importantes e da qual destacamos duas características: integração da escrita com representações visuais e construção de meios para que os fenômenos possam ser “vistos” nos seus recursos.

A partir dessa revisão, foi possível salientar pontos relevantes no ensino-aprendizagem de ciências, como, por exemplo: deve-se aprender não somente nas suas linguagens, mas também sobre elas e, também, retomar, na sala de aula, o processo de produção das diversas formas da escrita científica, incluindo a Matemática.

Transcrevemos a escrita do quadro negro, as falas e os gestos de quatro aulas duplas de um laboratório investigativo que tinha por objetivo investigar como a água aquece. As gravações foram feitas em uma turma do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública.

A fim de resolver o problema proposto, analisamos as aulas que tratavam da transformação dos dados de uma tabela em um gráfico e deste em linguagem algébrica, situação em que a linguagem matemática se torna evidente.

Com os dados obtidos, foi possível analisar as diferentes linguagens, revelando alguns aspectos importantes desse tipo de aula. Ao mostrar gradualmente como integrar os recursos matemáticos (tipológico e topológico) à linguagem científica, o professor cria condições para que os estudantes possam enxergar o fenômeno na linguagem gráfica e na algébrica.

Palavras-chave: 1.Ensino e aprendizagem; 2.Física; 3.Linguagem Científica; 4.Matemática.

ABSTRACT

Carmo, A. B. de. **A Linguagem Matemática em uma Aula Experimental de Física.** 2006. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

In the present survey, we have studied how in a laboratorial investigative sequence, teacher and students, associate with mathematical language (including graphical and algebraic) with oral one, writing one, gestural and visual representations for construct scientific meanings.

To achieve our goals, we have made a revision how about the different languages of scientific culture are linked to edifices the scientific knowledge, which mathematics is one of the most important, and we have pointed out two characteristics: integration of the writing with visual representations and the built ways for the phenomena can be seen on their resources.

Based on this review, it was possible to show important points on science teaching and learning, for example: It should be learned not only in its languages but about it too; and, retake on the classroom, the production process of several forms of the scientific writing, including mathematics.

We transcribed the talks, the gestures and the writings on a blackboard of double four classes in an investigative laboratory which goal was to investigate how the water is heated. Those records were taken in a group of students of the first year on a public high school.

To solve the proposed problem, we have focus on the data transformation, from a table to a graphic, and from a graphic transformation to an algebraic language, situation in which the mathematic language becomes clearly represented.

The obtained data gave us the possibility to analyze the different languages, what showed us important aspects of this kind of class: when gradually showed how to integrate the mathematic resources (typological and topological) in a scientific language, the teacher creates the conditions to students, who realize the phenomena on the graphic and algebraic languages.

Keywords: 1. Teaching and Learning; 2. Physics; 3. Scientific Languages; 4. Mathematics.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| Introdução..... | 9 |
| 1. Cultura & Enculturação | 13 |
| 1.1 Ciência como cultura | 13 |
| 1.1.1 Aculturação X Enculturação..... | 14 |
| 1.2 Linguagens na Ciência..... | 17 |
| 1.2.1 A linguagem matemática na Física..... | 23 |
| 1.2.2 A Escrita Científica e os Gráficos | 25 |
| 1.3 Linguagens da Ciência no Ensino | 27 |
| 1.3.1 Integração das linguagens da Ciência na sala de aula | 31 |
| 2. Ensino e Aprendizagem de Ciências | 33 |
| 2.1. Ensino por Investigação & Enculturação | 35 |
| 2.1.1 A cultura científica numa aula de laboratório aberto | 37 |
| 2.2 Problema de Pesquisa | 41 |
| 3. Metodologia de Pesquisa | 43 |
| 3.1 Objetivos da Pesquisa..... | 43 |
| 3.2 A Pesquisa e sua Estruturação | 43 |
| 3.3 Delimitando o Caso | 43 |
| 3.3.1 A Escola..... | 43 |
| 3.3.2 A Professora e os Alunos | 45 |
| 3.3.3 As Aulas e a Seqüência de Ensino..... | 46 |
| 3.4 Coleta de Dados Potenciais | 47 |
| 3.5 Organização da Análise | 47 |
| 3.5.1 Os Dados de Pesquisa..... | 48 |
| 3.5.2 Ferramentas para Análise dos Dados | 50 |
| 3.5.3 Apresentação da Análise | 51 |
| 4. Análise dos Dados | 52 |
| 4.1 Episódio 1 – Análise do Gráfico (Aula 7 – 31/05/00)..... | 52 |
| 4.1.1 Evento 1.4 – Análise do Gráfico | 52 |
| 4.1.2 Evento 1.6 - Procurando um jeito matemático de analisar os dados | 68 |
| 4.2 Episódio 2 – Transformando o gráfico em função (Aula 8 – 14/06/00) | 72 |
| 4.2.1 Evento 2.3 – Obtendo funções a partir de dados experimentais..... | 72 |
| 4.2.2 Evento 2.4 – Análise dos resultados, teste de hipóteses e conclusões..... | 80 |
| 4.3 Episódio 3 – Dedução da Equação Fundamental da Calorimetria (Aula 10 – 28/06/00)..... | 87 |
| 4.3.1 Evento 3.3 – Reinterpretando o gráfico e as funções a partir dos conceitos de calor, caloria, calor específico e massa..... | 88 |
| 4.3.2 Evento 3.4 – Dedução da equação fundamental da calorimetria..... | 94 |
| 5. Considerações Finais | 104 |
| Referências | 109 |
| Apêndice – Normas de transcrição..... | 113 |
| Anexo 1 – Transcrição Aula 7 (31-05-2000)..... | 114 |
| Anexo 2 – Transcrição da Aula 8 (14/06/00) | 120 |
| Anexo 3 – Transcrição da Aula 10 (28/06/00) | 128 |

INTRODUÇÃO

Contribuir para a desmistificação, dentro do ensino de Física, do papel atribuído à linguagem matemática utilizada pelos físicos sem esgotar suas características é a pretensão desta dissertação de mestrado. Isso porque a visão da Matemática como uma simples ferramenta que representa toda Física reforça um ensino que difunde uma visão destorcida da atividade científica.

Essa concepção equivocada é disseminada também pela fala de professores de Física que apontam a matemática das aulas comuns como empecilho à aprendizagem dos conteúdos físicos: freqüentemente, eles reclamam que a falta de conhecimentos matemáticos impede que se avance nos conteúdos (Almeida, 2004; Pietrocola, 2002). Além disso, qualquer curso de Física – seja em nível secundário ou superior – é elaborado com uma base matemática (Pietrocola, op. cit.).

Ao assumir a Matemática como linguagem, devemos estar cientes de que ela possui características específicas, um vocabulário bem definido e formas peculiares de estruturar-se. Dentro da Ciência (em especial, na Física), essa linguagem é fundamental e, por isso, possui características importantes a serem consideradas. Logo, não se pode pensar no ensino de Ciências sem considerar o papel desempenhado pela linguagem matemática.

Para o entendimento dessa atuação da Matemática na Física, consideramos necessário conhecer as outras linguagens usadas pelos físicos, a saber: a linguagem oral, a escrita, a gestual e a linguagem das representações visuais. Como mostra Lemke (1998a), a Ciência integra essas linguagens através da Matemática, que aparece para integrar a escrita e as representações visuais, função que a caracteriza como uma linguagem híbrida.

A partir desses conhecimentos, buscamos, no ensino, atividades que possam contribuir para o desenvolvimento da matemática na Física de acordo com essas características.

Dessa forma, nossas atenções são direcionadas a aulas com uma concepção construtivista de ensino, elaboradas a partir de uma vasta gama de trabalhos sintetizados em Gil-Pérez et. al. (1999a e 1999b). Esses trabalhos serviram de base para o ensino por

investigação desenvolvido no Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (LaPEF) da USP junto com professores da escola pública média, o que resultou no livro *Termodinâmica: um ensino por investigação* (Carvalho et. al., op. cit.).

Nesse tipo de trabalho, os estudantes são colocados em situações próximas ao trabalho dos cientistas, e a aprendizagem envolve a participação dos alunos *em grupos* na (re)construção dos conhecimentos que eles trazem de sua experiência pessoal, sendo, assim, uma investigação científica adaptada à sala de aula. Para tal fim, são sugeridas diversas atividades que o professor pode inserir no seu plano de aula.

Outras características da Ciência, como a argumentação científica (Capecchi, 2004b), também foram encontradas nessa proposta, o que leva ao desenvolvimento de uma visão mais adequada do trabalho científico com o auxílio de textos históricos (Nascimento 2004).

Moreira (2005) mostrou que esse tipo de ensino cria condições para a ocorrência da enculturação científica, ou melhor, para a aquisição de algumas linguagens, práticas e conteúdos da Física. O autor chegou a essa conclusão após entrevistar alunos que passaram por esse ensino dois meses depois de sua realização, visando identificar nessas entrevistas idéias gerais sobre Ciência e sobre conteúdos tratados na sala de aula.

Ainda baseando-se nessa metodologia, tivemos a oportunidade de elaborar e ministrar um mini-curso sobre conservação da energia para uma turma do primeiro ano do Ensino Médio em uma escola pública, localizada na periferia da Zona Norte de São Paulo, como conclusão de um curso de Metodologia do Ensino de Física em 2003.

Foi gratificante ver pessoas que não costumavam participar das aulas formularem hipóteses, discutirem com os colegas e exporem sua opinião para toda a turma. Porém, devido ao pouco tempo disponível, não houve condições de trabalhar formalmente os aspectos matemáticos dos conteúdos escolhidos para o curso.

Havia um interesse em verificar o desempenho dos alunos em conteúdos matemáticos nas aulas de Física em um curso diferente dos tradicionais já que, para aprender Física, é imprescindível se envolver nessa cultura, o que os pesquisadores chamam de enculturação (Driver et. al., 1999; Mortimer e Machado, 1996; Capecchi e Carvalho, 2002; e Capecchi, 2004). Para isso, é necessário ser introduzido nas formas

como a matemática, enquanto linguagem, é utilizada para construir os conhecimentos científicos, possibilitando o desenvolvimento de visões de mundo mais completas.

Portanto, estudamos como, em uma seqüência de ensino por investigação, alunos e professor articulam a linguagem matemática com as outras linguagens para construir os significados científicos.

Logo, ao procurarmos verificar como se dá a relação da construção da linguagem matemática com o uso das outras linguagens da sala de aula, estamos verificando qual o nível de enculturação científica que essas aulas podem proporcionar ou qual o grau de compreensão de ciência que elas podem oferecer aos estudantes.

Estrutura da Dissertação

No capítulo 1, apresentamos a Matemática como uma das linguagens da cultura científica. Para tal fim, fizemos antes uma revisão de trabalhos que apresentam a Ciência como cultura. Além disso, discutimos algumas implicações desses estudos para o ensino de Ciências.

No capítulo 2, apresentamos a concepção construtivista de ensino e a aprendizagem de Ciências que adotamos. Argumentamos que ela está de acordo com a perspectiva trabalhada no capítulo 1. Também, discutimos a proposta de ensino por investigação, que se insere no quadro apresentado e servirá como fonte de pesquisa. E, por fim, expomos o problema de pesquisa, delimitando melhor a problemática à luz do referencial teórico.

No capítulo 3, discutimos nosso objeto de investigação, delimitando o caso que estudamos. Descrevemos a coleta de dados e as ferramentas usadas para analisá-los, além de desenvolver uma forma de apresentação da análise.

No capítulo 4, analisamos, minuciosamente, os dados da pesquisa conforme os aspectos matemáticos da cultura científica identificados. Por fim, tecemos alguns comentários sobre a análise desenvolvida e suas possíveis implicações.

No capítulo 5, sistematizamos os resultados da análise e discutimos as implicações da presente dissertação.

1. CULTURA & ENCULTURAÇÃO

1.1 Ciência como cultura

Diversos trabalhos tratam a Ciência como uma forma de cultura com seus diversos atributos, valores, regras etc. Sob essa perspectiva, que adotamos como referência, a aprendizagem é vista como a imersão em uma nova cultura, da qual o estudante deve apreender suas características e práticas e torná-las significativas individualmente (Aikenhead, 1996; Cobern & Aikenhead, 1998, Capecchi, 2004; Driver et al, 1999; Kosminsky & Giordan, 2002; Mortimer & Machado, 1996; Reigosa et. al, 2000, Roth & Lawless, 2002, Zanetic, 1989).

Para definir cultura, Aikenhead (1996) e Cobern & Aikenhead (1998) recorrem à Antropologia, em especial ao trabalho de Geertz (1973) que define cultura como sistemas ordenados de significados e símbolos através dos quais as interações sociais fazem sentido. Nessa perspectiva, os autores argumentam que o ensino de Ciências equivale a uma transmissão cultural e sua aprendizagem, a uma aquisição cultural.

Driver et al (1999) e Mortimer e Machado (1996) consideram a aprendizagem de Ciências um o processo pelo qual, com a ajuda dos membros mais experientes, os indivíduos são introduzidos na cultura científica.

No mesmo sentido, Capecchi (2004) analisa como a cultura científica é disponibilizada na sala de aula, tendo por base atividades de experimentação e a interação entre alunos e professor em uma seqüência de ensino de Física.

Kosminsky e Giordan (2002) afirmam que a cultura científica deve influenciar as visões de mundo dos estudantes para que eles possam transformar-se em agentes sociais e históricos, além de *constituir significados apropriando-se de elementos da linguagem científica e de seus procedimentos, o que lhes dá a oportunidade ímpar de atribuir valor às formas de pensar e agir do cientista* (p.11-12).

Para Reigosa et. al. (2000), *a participação na cultura científica resolvendo problemas em pequenos grupos reflete o caráter social da ciência* (p.275) e isso deve ser considerado no seu ensino.

Roth e Lawless (2002) mostram que a construção do conhecimento é uma atividade social e os grupos são importantes para sua edificação e manutenção. Assim, a Ciência é vista como uma forma de cultura com suas próprias crenças, linguagem oral e escrita, práticas materiais, percepções, teorias e ideologias.

Zanetic (1989) procura enfatizar a idéia de que a Física é um elemento cultural de extrema importância para formar um cidadão consciente de seu papel na sociedade, além de servir como um elemento para participar mais ativamente no desenvolvimento de uma nação. O autor argumenta que o entendimento dos saberes físicos, por parte de todos, como um dos conteúdos que formam nossa cultura implica um conhecimento mais completo de nossa sociedade, servindo, assim, para um rompimento de sua elitização na medida em que proporciona meios para entendê-la.

Para os diversos autores citados a Ciência como uma forma de cultura com características próprias, deve ser relevada no seu ensino.

Para nós, essa concepção cultural da Ciência coloca importantes aspectos da sala de aula em questão e, como veremos adiante, deve ser considerada em qualquer situação ou proposta de ensino.

1.1.1 Aculturação X Enculturação

A cultura científica pode ser dividida em subgrupos que podem influenciar na sua aprendizagem, são eles: família, parceiros, escola, mídia de massa e os ambientes físico, social e econômico, cada um com seus sistemas de símbolos e significados, nos quais as interações sociais fazem sentido, ou seja, cada subgrupo carrega uma subcultura¹, sendo que a própria Ciência é uma subcultura da cultura Ocidental (Aikenhead, 1996; Cobern & Aikenhead, 1998).

Geralmente, o sistema organizado de significados e práticas que constituem a atividade científica não é conhecido pelos estudantes. Por isso, Cobern & Aikenhead (op. cit.) propõem um currículo que evidencie as diferenças culturais e no qual o professor deve agir como uma ponte entre a cultura científica e a do estudante, sabendo diferenciá-las sem depreciar a última.

¹ No texto original em inglês, foi escrito *subgroup* e *subculture*. Enfatizamos que, nessa língua, o prefixo [sub] não possui um sentido de inferioridade como na nossa, sendo que o mantivemos por falta de um termo mais adequado.

Os autores também ressaltam que existe uma preocupação dos pesquisadores em ensino de Ciências com uma possível *aculturação* do estudante perante os conhecimentos apresentados pelo professor, ou seja, preocupam-se em saber se os conhecimentos científicos vão suprimir a cultura do educando.

Apesar de trabalhar com outros referenciais, os resultados obtidos por Mortimer (1994) ao estudar a evolução do conceito de átomo em estudantes de química no ensino médio mostram como essa situação é difícil de ocorrer. O autor verificou que um estudante pode ter mais de uma interpretação sobre o mesmo conceito e que elas podem coexistir em sua mente. Dessa forma, o professor deve ensiná-lo a usá-las em diferentes contextos conforme a pertinência.

Isso acontece, por exemplo, com o conceito de calor, que costumamos, em conversas informais, definir como substância. Já em um contexto adequado, uma aula de Ciências, por exemplo, tratamos dessa entidade como uma forma de energia atribuída ao movimento das moléculas.

Constatamos, assim, que as estratégias de ensino não vão, necessariamente, eliminar a cultura dos estudantes. Caso a metodologia utilizada evidencie os diferentes níveis dos conceitos, o aluno terá a oportunidade de distinguir as situações em que ele deve ou não empregar a interpretação científica do fenômeno.

Consideramos importante valorizar as diferentes culturas no contexto escolar, mas, mediante a necessidade da aquisição dos conhecimentos científicos para uma atuação ativa na sociedade, temos por certo que os saberes da Ciência devem ampliar as formas como os estudantes olham para o mundo, dando condições para que eles possam interferir neste de forma consciente.

Portanto, no lugar de *aculturação*, consideramos a aprendizagem como *enculturação*, ou seja, a aprendizagem acontece à medida que o estudante compreende e utiliza parte da linguagem, dos métodos e das práticas da cultura científica, ao mesmo tempo criando novas visões de mundo e ampliando as antigas (Driver et. al., 1999; Mortimer e Machado, 1996; Capecchi e Carvalho, 2002; e Capecchi, 2004).

Dessa forma, há enriquecimento das perspectivas de ensino e aprendizagem de Ciências uma vez que essas novas visões de mundo – construídas nas aulas – podem

coexistir com as visões do cotidiano e serão usadas conforme a exigência do contexto no qual o aluno se encontra (Mortimer e Machado, 1996).

De acordo com essa concepção, vemos que a aprendizagem de Ciências está além de uma simples mudança conceitual, situação que coloca as idéias dos estudantes em confronto direto com os conhecimentos científicos. Gil Pérez et. al. (1999a) apontam as limitações de propostas que inibem os alunos ao tratar suas concepções como erradas, dando um *status* de inferioridade a elas em vez de tomá-las como hipótese de trabalho, o que consideramos adequado para o trabalho de sala de aula e que está de acordo com a aprendizagem como enculturação (nos aprofundaremos nessa discussão no capítulo 2).

Alguns autores também apontam a impossibilidade de esboçar uma visão unitária simplista da Ciência, o que poderia tornar inconsistente a perspectiva de aprendizagem como enculturação já que não seria possível ensinar um método científico único (Milar et al., 1993, apud Driver et. al., 1999) devido à existência de uma pluralidade metodológica utilizada para a construção dos conhecimentos científicos.

Driver et. al (op. cit.) mostram que isso não acontece, pois *existem alguns compromissos centrais ligados às práticas científicas e ao conhecimento que têm implicações para o ensino da ciência* (p.32). Um deles é que esse conhecimento é simbólico por natureza e socialmente negociado. Ou melhor, *os objetos da Ciência não são os fenômenos da natureza, mas construções desenvolvidas pela comunidade científica para interpretar a natureza* (p.32).

Assim, uma das maneiras de se aprender Ciência, com a qual estamos de acordo, é engajar-se em alguns dos meios particulares, que cada indivíduo deve tornar significativos, dos cientistas construírem conhecimento (Driver et. al., op. cit.).

O professor, segundo os autores, além de organizar o processo que leva os estudantes a construir significados sobre os fenômenos naturais, deve mediar o conhecimento científico com o dos alunos, dando condições para que estes atribuam sentido pessoal às formas em que o conhecimento é gerado e validado.

Logo, se aprender Ciência é ser introduzido em algumas das maneiras de trabalhar do cientista, compreendendo o significado de suas práticas, podemos encontrar

dois níveis de aprendizagem: social e individual. Ou seja, o estudante deve ser socializado em atividades aproximadas às da cultura científica, com seus valores, regras, práticas e linguagens que são perpetuados numa comunidade. Para que isso aconteça, é necessário que ele se engaje em um processo pessoal de atribuição de significados e construção do conhecimento (Driver et. al., op. cit.).

Ao longo dessa aprendizagem, consideramos de fundamental importância as linguagens utilizadas, sendo elas relevantes para a aquisição tanto das práticas científicas quanto de seus valores e regras. Por isso, destacaremos mais algumas características dessas linguagens para, depois, aprofundarmo-nos em aspectos que consideramos importantes na Ciência e o que isso implica no seu ensino.

1.2 Linguagens na Ciência

Roth e Lawless (2002) enfatizam que uma série de trabalhos influenciados pela *A Estrutura das Revoluções Científicas* de T. Kuhn destacam o papel da linguagem na construção da cultura científica e que, com o auxílio das convenções lingüísticas, outras práticas passaram a ser consideradas nesse processo, tais como atividades visuais, gestuais e de manipulação.

Almeida (2004) aponta os papéis que cientistas consagrados atribuem à linguagem comum e à matemática a fim de entender o fazer científico. Dessa forma, a autora argumenta, usando esses relatos, que a linguagem comum é diferente da científica e que tem funcionamento diferente na construção da Ciência.

Dessa maneira, a Física possui uma metalinguagem para construir e divulgar seus sistemas de significados e é constituída de símbolos abstratos (relacionados à linguagem matemática) mais uma linguagem formal específica (Almeida, 1995). O entendimento da estrutura, símbolos e operações da Matemática na Física vai além da memorização de uma simples codificação (Almeida, 2000).

Os cientistas utilizam diversas linguagens: representações visuais, tabelas, gráficos, expressões matemáticas, diagramas etc. É importante ressaltar que a Matemática também é constituída de diferentes linguagens: aritmética, geométrica,

algébrica, lógica, gráfica entre outras. A linguagem gráfica é expressa através de tabelas, diagramas, gráficos e esboços (Klüsener, 1998).

É de interesse para nós, pesquisadores da área de ensino, saber como essas representações simbólicas são integradas junto à linguagem oral e à escrita, que tipo de significados específicos elas ajudam a construir na atividade do dia-a-dia dos cientistas e, conseqüentemente, as implicações desses estudos para o ensino e a aprendizagem. Neste tópico, centraremos nossa discussão na Ciência, deixando as questões de ensino para o seguinte.

A análise de como os pesquisadores de Ciência articulam suas diversas linguagens foi feita por Lemke (1998a). O autor estudou diferentes publicações escritas reconhecidas pela comunidade científica, em especial as revistas *Nature* e *Science*.

A primeira parte do artigo mostrou que a freqüência de recursos diferentes da linguagem oral e da escrita é marcante, sendo necessários o uso de gráficos, equações, tabelas etc. para que as asserções apresentadas sejam sustentadas, ou seja, apenas as linguagens oral e a escrita não são suficientes para comunicar os resultados científicos.

Concordamos com o autor quando ele deixa claro que é muito difícil entender o processo de construção de significados somente com um recurso como, por exemplo, a linguagem oral ou a escrita. São necessárias diversas linguagens para o entendimento desse processo.

Lemke (op. cit.) define linguagens, ou sistemas de recursos da lingüística semiótica, ou modos semióticos, como:

[...] abstrações analíticas que são personificadas em práticas sociais: através do discurso material, da escrita e as atividades que provêm contextos dos quais dependem seus significados culturais (p.1).

Ou melhor, linguagens são estruturas abstratas de comunicação que têm por base o mundo real das interações entre os indivíduos (por exemplo, a fala, gestos, escrita e objetos usados para representar algo) e que podem servir de referência ao ato comunicativo (por exemplo, a construção de um gráfico que serve como base para alguma discussão sobre um fenômeno qualquer).

Os autores usam os termos “linguagem”, “sistemas de recursos da lingüística semiótica”, “sistemas semióticos” e “modos semióticos” para designar estruturas abstratas de comunicação. Neste trabalho, adotamos o termo linguagem para nos remeter a elas já que é o mais comum nas pesquisas.

É importante ressaltar que não construímos significados somente com a fala e a escrita, que estão co-envolvidas com outras linguagens:

Em incontáveis textos e atos de construção de significados os membros da comunidade usam simultaneamente a fala, a escrita, os sistemas semióticos de representação, gráficos, movimento, gestos[...] e cada outra modalidade de ação social significativa em sua cultura (Lemke, op. cit., p.1).

Dessa maneira, quando usamos a fala – tanto na sua percepção quanto na sua produção de interações de significados – fazemos uso de informações visuais e de movimento para atribuir um sentido (Lemke, op. cit.).

Quanto à escrita, é interessante notar que ela tem os desenhos como ancestral comum e que toda criança faz, progressivamente, uma separação dessas modalidades semióticas, que são extensões da fala. Nesse processo, existe um ganho de significados, pois essas novas modalidades – desenho e escrita – podem combinar-se com outras em novos caminhos, possibilitando construir significados – multiplicando-os – que não seriam possíveis quando elas estavam juntas (Lemke, 1998a).

Isso ainda mostra que as diferentes linguagens e seus recursos podem:

- Cooperar, ou seja, duas ou mais linguagens atribuem um mesmo significado para um conceito ou fenômeno, realizando funções semelhantes (Márquez et. al., 2003). Por exemplo, ao dizer que a temperatura de um gráfico aumentou linearmente, o falante pode usar, ao mesmo tempo, um gesto que represente a curva do gráfico, ou apontar diretamente o local de aumento. Logo, fala, gesto e curva são usados de forma cooperativa para expressar a mesma idéia;
- Especializar, ou melhor, duas ou mais linguagens atribuem um significado para um conceito ou fenômeno, realizando funções distintas (Márquez et. al., op.cit.). Por exemplo, quando se explica a variação de uma entidade em um gráfico, pode-se usar a fala para apontar um aumento ou um decréscimo, enquanto a curva pode mostrar como se deu a variação – linear, exponencial,

logarítmica etc. Assim, essas duas linguagens são usadas de forma especializada para a construção do significado.

Tanto as cooperações quanto as especializações podem ocorrer no decorrer de uma comunicação, conforme a necessidade do contexto.

Esses trabalhos também enfatizam que não se faz e não se comunica Ciência somente pela linguagem oral ou pela escrita, pois a sua linguagem é um híbrido semiótico, contendo, ao mesmo tempo, um componente verbal-*tipológico* e outro matemático-gráfico-operacional-*topológico*. Com isso, estar no mundo da Ciência é combinar discurso verbal, expressões matemáticas, representações gráficas e visuais e operações motoras no mundo natural, e nesse processo de integração uma linguagem primitiva pode ser dividida em duas – como a escrita e os desenhos – que, por sua vez, podem se combinar de maneiras novas, também multiplicando os significados possíveis (Lemke, op. cit.).

Entendemos por recursos tipológicos qualquer tipo de classificação que envolva categorias discretas (Lemke, 1999), tais como quente e frio; longe e perto; alto e baixo; momento angular e momento linear; condução, convecção e irradiação etc. Eles servem para analisar e classificar os contextos culturais através dessas categorias que, geralmente, se opõem umas às outras.

Já recursos topológicos são variações contínuas ou quase contínuas sobre alguma propriedade dos objetos materiais, ou seja, são os significados contidos nas proporções entre os entes que construímos. Eles representam as variabilidades contínuas (ou quase) em algo de interesse, tais como: tamanho, forma, distância, proporção, intensidade, tempo, velocidade, temperatura, pressão, voltagem, concentração, densidade etc, sendo que cada uma dessas entidades pode variar dentro da topologia dos números reais (Lemke, op. cit.). São também alguns exemplos desses recursos: desenhos, gestos, gráficos e qualquer tipo de representação visual.

A tabela a seguir, inspirada em Lemke (2002), sumariza algumas diferenças entre esses dois recursos:

| Recurso | Tipológico | Topológico |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| Significado Por | Tipo | Proporção |
| Diferenciação | Qualitativa | Quantitativa |
| Classificação | Categorias | Gradiente |
| Variação | Discreta | Contínua |

Tabela 1.1: diferenças entre recursos tipológicos e topológicos segundo Lemke (2002).

Assim, enquanto no significado tipológico pode-se identificar categorias que se opõem umas às outras, no topológico obtém-se categorias que são proporcionais entre si, ou seja, possuem algum tipo de dependência funcional. Logo, no primeiro caso, difere-se qualitativamente uma das outras implicando uma variação discreta de categorias; no segundo, está em destaque a quantificação, resultando uma variação contínua (ou quase) das entidades em função de um gradiente².

Portanto, os significados tipológicos são representados por categorias que se opõem e que quase não possuem relações intermediárias entre si, enquanto os topológicos são representados pela co-variação de variáveis (por exemplo, espaço em função do tempo), por isso, estes predominam em desenhos, representações visuais, gráficos etc, linguagens que envolvem tais dependências.

É importante destacar que as diferentes linguagens constroem tanto significados tipológicos quanto topológicos, porém cada tipo de linguagem tem ênfase em um recurso específico (Lemke, op. cit.).

Por exemplo, entre duas categorias tipológicas da escrita, como quente e frio, podem existir alguns graus de variação topológicos, tais como mais quente ou menos frio, contudo não há uma precisão nessa classificação como a trazida por um gráfico da temperatura em função da energia, fornecida a uma substância qualquer. Dessa maneira, a representação gráfica é mais eficiente para manejar os significados topológicos, predominando quando eles estão em cena na Ciência, que exige resultados mais precisos para construir seus modelos da realidade.

² Na Física, usa-se a função gradiente para indicar variações de uma função com significado físico em relação a uma variável como, por exemplo, o espaço. Segue a definição matemática para coordenadas

$$\text{espaiais cartesianas: } \nabla\Psi(\vec{r}) = \frac{\partial\Psi}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial\Psi}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial\Psi}{\partial z} \vec{k} .$$

De forma análoga, a linguagem gráfica e a matemática, apesar de serem predominantemente topológicas, possuem alguns recursos tipológicos. Na primeira, temos os eixos (das abscissas e das ordenadas, que não têm classificações intermediárias entre eles); na segunda, temos as operações fundamentais – adição, subtração, multiplicação e divisão – que, novamente, não possuem nenhum tipo de categorização entre elas.

Pode haver mais ênfase em um desses dois recursos básicos de construção do que em outro, eles podem vir separados e depois serem unidos na maioria das linguagens (Lemke, op. cit.).

Isso se deve ao uso de diferentes linguagens para dar suporte à comunicação científica. Assim, em um texto e/ou comunicação científico podem predominar gráficos e equações matemáticas (que podem vir integrados à escrita/fala) e, depois, na análise, o destaque é na escrita/fala, geralmente, respaldadas por alguns valores e equações.

Lemke (op.cit.) argumenta que a linguagem oral e a escrita costumam construir significados tipológicos, contrastando categorias distintas. Porém, os processos materiais, que se dão através da co-variação das entidades do mundo real, não são bem explicados por tais recursos. Logo, a Ciência, na tentativa de descrever essa situação, precisou criar outros recursos de significação, que foram denominados “topológicos”.

A linguagem natural é muito limitada na sua habilidade para descrever variações contínuas, formas, e movimentos no espaço. Gesticular é uma linguagem muito mais apropriada para expressar tais significados. Desenhos e representações visuais, que são em muitos aspectos os últimos traços dos gestos, que também repousam sobre os gestos assim como a escrita faz para a fala, são um meio[...] para expressão de tais significados. Para relações quantitativas, nós temos, além disso, estendido a linguagem natural com a linguagem da matemática, e aprendido a usá-la como uma ponte entre a linguagem verbal e os significados que nós fazemos nas representações visuais (Lemke, 1998b, p.4).

Com isso, a linguagem oral e a escrita não dão conta de descrever de uma forma precisa o movimento de um projétil no espaço, a variação da temperatura de um líquido, a topologia de uma montanha, o movimento de uma molécula em um gás e assim por diante. Gestos, desenhos e outros tipos de representações visuais são mais eficientes nesse tipo de representação. A linguagem matemática da Ciência faz uma ligação entre essas linguagens, dando precisão às asserções sobre o mundo.

Desse modo, a Ciência é vista como um discurso sobre a materialidade do mundo, como um sistema de práticas interdependentes e como atividades de muitos tipos unidas por discursos – funcionando como uma ponte entre a categorização analítica típica da linguagem oral e escrita e a variação contínua (ou quase) representada por gestos, desenhos, tabelas etc (Lemke op. cit.).

1.2.1 A linguagem matemática na Física

Além de apresentar as características mencionadas, a linguagem matemática usada nas Ciências possui aspectos que merecem ser destacados para uma melhor compreensão de seu papel na sua relação com a Física, que é o tema deste trabalho.

Paty (1995) afirma que o objeto de pesquisa da Física é o estudo de (1) uma “realidade objetiva”, a qual é (2) caracterizada conceitualmente e simbolicamente pelo pensamento. Porém, não podemos exatamente sobrepor essas duas afirmações: *para passar de uma à outra, a física não poderia substituir o real, nem a matemática confundir-se com o pensamento real* (Paty, op. cit., p.233).

Dessa forma, não se pode pensar a Matemática como uma linguagem que traduz diretamente a natureza, como foi feito em outras épocas:

“Todavia, a matemática era concebida como um conhecimento que permitia uma leitura direta da natureza, da qual, precisamente era a língua. Por isso, o que interessava a Galileu, do ponto de vista do acordo numérico com os fatos de experiência, era apenas ordens de grandeza. A constituição progressiva da física matemática substitui essa “tradução matemática” da natureza por uma mediação física propriamente dita, isto é, a elaboração explícita de conceitos físicos pensados matematicamente: sendo a matematização concebida como inerente aos conceitos, constitutiva desses, que serve para construí-los (Paty, op. cit., p.234).

Assim, chamar a Matemática de linguagem da ciência também é dizer que ela é expressão dos pensamentos humanos e não apenas um instrumento de comunicação. Dessa maneira, trata-se de uma forma de estruturar as idéias que temos sobre o mundo físico, sendo que, em certos momentos, ela também pode ter um caráter descritivo, em que se assume um mundo físico previamente estruturado pelas pesquisas anteriores (Pietrocola, 2002).

Além disso, como nos mostra Almeida (2004), através da análise de discursos de Heisenberg e Einstein, com a linguagem matemática, elimina-se a imprecisão da

linguagem comum, tornando o discurso mais conciso e objetivo, servindo também como instrumento de raciocínio para comparar conclusões com experiência.

Esse último aspecto é um dos mais importantes da Matemática, pois destaca, como afirma Pietrocola (op. cit.), a função *estruturante* que ela pode ter no processo de produção dos objetos que vão se tornar as interpretações do mundo físico. Assim:

A realidade não é o ponto de partida, mas de chegada das interpretações físicas (Paty, 1993). Nesse processo, a Matemática, enquanto linguagem, empresta sua própria estruturação ao pensamento científico para compor os modelos físicos sobre o mundo. Essas são, em última instância, estruturas conceituais que se relacionam ao mundo, mediadas pela experimentação (Bunge, 1974) (Pietrocola, op. cit., p. 106).

Isso se dá – argumenta o autor, baseando-se no trabalho de Robilotta (1989) – porque a matemática tem, em suas características, a precisão, a universalidade e, o mais importante, a lógica dedutiva – que implica possibilidade de previsibilidade. Além disso, a linguagem matemática, assim como qualquer linguagem, possui um conjunto articulado de idéias, e uma vez que os conceitos físicos são expressos nessa linguagem, são articulados entre si em forma de redes, presentes em uma teoria que, devido a sua organização interna, lógica e coerência constituem estruturas.

As estruturas conceituais têm propriedades específicas: são **autoconsistentes**, isto é, estão livres de contradições internas; são **autocontidas**, isto é, as definições de elementos nelas contidas começam e sempre terminam em seu interior e não fora dele, desta forma bastando-se a si mesma; são **coerentes**, pois não permitem contradições no seu domínio de validade (Pietrocola, op. Cit., p. 109).

As estruturas também definem o contexto em que se explica um conceito, o qual só pode ser elucidado através das suas relações com os outros conceitos da estrutura teórica (Pietrocola, op. cit., Robilotta, op. cit.), que quando acabada (é claro que não ignoramos o fato das teorias poderem sempre modificar-se) se transforma na chamada teoria científica (Robillota, op. cit.).

Sobre o processo de teorização, é importante destacar que ele parte da transcrição matemática de seus elementos – conceitos físicos e dados factuais – entrando em uma fase em que “anda” por si próprio, referindo-se apenas às implicações do formalismo matemático. Do rearranjo dos elementos de partida, dentro da lógica interna das relações a que se prestam, formula-se uma nova propriedade. Nesse ponto, *a predizibilidade reata a conexão entre a teoria e a experiência* (Paty, op. cit., p.241).

Caso a experiência não concorde com a predição, ocorre a refutação (o que existia no início possuía mais do que aparentava); caso ela concorde, temos a corroboração, na qual os dados iniciais mostram conter uma parte inédita da realidade potencial (Paty, op. cit.). Assim:

A teoria age no nível da representação; os dados – tais como são transcritos na representação anterior, sobre a qual ela trabalha – conduzem à necessidade interna do real, e esta se revela pouco a pouco, à medida que se dá o desenvolvimento de uma teoria que julgaríamos estar restrita à transcrição do dado imediato. Essa necessidade interna fazia, precisamente, com que o real a que visava a representação fosse mais rico, mais complexo, do que o que estava em condições de explicitar (Paty, op. cit., p.257).

Essa perspectiva soma-se à discutida no tópico anterior, pois ambas partem do pressuposto de que a linguagem matemática impregna os conceitos físicos, tendo como objetivo construir interpretações do mundo real.

Como mencionado no tópico 1.2., ela é tratada como algo híbrido, que une dois tipos básicos de construção de significados – tipológico e topológico – possibilitando, assim, integrar a linguagem verbal com as representações visuais. Neste tópico, tem-se uma visão mais clara do seu papel nas teorias físicas como estruturante das interpretações do mundo físico.

1.2.2 A Escrita Científica e os Gráficos

Os tipos de linguagem usados em textos científicos são, principalmente, os gráficos, as tabelas e outras representações visuais, tais como esquemas, desenhos, diagramas e gráficos abstratos (Lemke, 2002).

Outra característica importante – e complementar à anterior – é que os textos científicos não são lineares, não podendo seguir uma seqüência única, constituindo uma forma primitiva de hipertexto. Assim, um texto científico pode ser lido percorrendo-se diversos caminhos como, por exemplo, a leitura das notas de rodapé, das figuras e seus cabeçalhos antes do texto principal. Isso é visto quando um leitor experiente lê primeiro gráficos, tabelas e seus cabeçalhos – feito isso, ele próprio pode (re)construir facilmente o texto escrito de forma muito próxima ao original (Lemke, 1998a).

Isso também está relacionado ao fato de as estruturas definirem os contextos nos quais os conceitos se aplicam, explicado no item 1.2.1., pois cada conceito está ligado a toda estrutura conceitual. Por exemplo, *o conceito de campo elétrico é essencial à*

teoria, por outro lado o seu significado é determinado pelo seu contexto, pela sua posição na estrutura conceitual (Robilotta, 1989, p. 10).

No caso dos gráficos feitos a partir de dados, diferentes leitores experientes podem construir textos semelhantes porque, além de condensar as tabelas, eles permitem enxergar tendências e dependências funcionais nos mesmos, descobrindo padrões que não eram vistos nos dados puros e nas tabelas. Esses padrões são abstraídos através das funções matemáticas. Desse modo, na teoria científica, os padrões são gerados inicialmente por sentenças verbais e depois evoluem para expressões matemáticas e/ou imagens gráficas e/ou simulações computacionais. Dessa forma, a partir dos gráficos numéricos, confeccionam-se os gráficos abstratos, que mostram relações conceituais, e também uma formulação matemática (Lemke, op. cit.).

Apesar desse fenômeno ocorrer com outras linguagens, ou seja, diferentes leitores possuírem interpretações semelhantes de uma mesma linguagem, consideramos isso mais significativo tanto na linguagem gráfica quanto na matemática, pois elas possuem maior precisão, como mostrou Almeida (2004) e também a possibilidade de predizibilidade (Almeida, op. cit., Paty, 1995, Pitrocola, 2002).

Logo, a partir dos gráficos feitos com base em dados concretos, diferentes cientistas podem extrair as mesmas informações, podendo criar textos e representações abstratas muito semelhantes (Lemke, op.cit.).

Outra característica importante da escrita científica – destaca Capecchi (2004) ao estudar o trabalho de Latour e Woolgar (1997) – é que os processos que culminam nela podem ser descritos pelo conceito de “inscrição literária”, o qual consiste em *operações de representação anteriores à escrita* (Capecchi, op.cit., p.63).

Por exemplo, em uma experiência para verificar como a água aquece, todos os passos até a elaboração de uma tabela – desde a discussão e montagem das etapas experimentais até sua transformação em registros – são denominados escritores, que vão se transformar numa tabela, ou seja, a primeira inscrição. Ao se trabalhar com essa tabela, novos escritores são usados até o aparecimento da nova inscrição (o gráfico) e assim por diante (Capecchi, op.cit.).

É importante notar que, nesse processo, o gráfico ou a equação obtidos são o ponto de partida para novas pesquisas, sendo que os cientistas rapidamente esquecem os passos que levaram a essas inscrições (Latour e Woolgar, 1997, apud Capecchi, 2004).

Roth (2003) mostra que os cientistas, na medida em que se familiarizam com o fenômeno, a coleta de dados, e os resultados gráficos, tendem a tratá-los de forma indistinguível – semelhantemente ao processo que produz uma inscrição – ou seja, eles vêem o fenômeno na representação criada e esquecem os passos que a produziu.

No caso analisado pelo autor, os cientistas, quando vão explicar seu objeto de estudo, não fazem distinção entre os artefatos na lâmina do microscópio, a imagem da ocular ou do monitor e os gráficos, mostrando que a função mediadora do espectro de absorção, que eles usam nas atividades desenvolvidas, deu lugar a uma “visão” direta dos fotorreceptores estudados. Assim, quando o cientista olha o gráfico, ele “enxerga” os fotorreceptores absorvendo diferentes frequências da radiação da mesma forma que, quando um motorista vê o sinal vermelho, ele pára instantaneamente, sem pensar “eu tenho de parar, senão posso bater ao passar pelo cruzamento”.

Dessa forma, Roth (op. cit.) mostra que o uso competente dos gráficos requer a familiarização com os processos que levaram a sua construção. Essa intimidade com o fenômeno, em estágios avançados da pesquisa, faz com que o pesquisador altere os gráficos para que se adequem ao fenômeno.

1.3 Linguagens da Ciência no Ensino

Uma vez que a Ciência é uma atividade que utiliza diversas linguagens de forma simultânea, enfatizamos que o seu ensino deve permitir aos estudantes usá-las significativamente, além de integrá-las funcionalmente de forma semelhante ao que ocorre nos laboratórios.

Assim, ler uma fórmula, por exemplo, está mais relacionado à bagagem de conhecimentos do leitor sobre os processos da Ciência do que a sua habilidade de reconhecer sinais específicos e de manipulá-los, o que leva a um “operativismo” mecânico (Almeida, 1995). No processo de aprendizagem dessa leitura, é importante o

uso da linguagem coloquial para o desenvolvimento da linguagem científica formal (Almeida, op. cit.).

Portanto, é necessário não somente ensinar nas linguagens da ciência, mas ensinar sobre essas linguagens (incluindo a matemática) e quais os caminhos para combiná-las e integrá-las (Lemke, 1998b). Ou, como alerta Sutton (2003):

[...] os estudantes entretanto podem adquirir uma imagem distorcida da ciência como atividade e da ciência como corpo de conhecimento, a menos que se preste atenção a maneira como articula-se a linguagem à medida que a ciência se desenvolve (p.24).

Logo, os professores devem ser professores da linguagem da Ciência para o processo da descoberta científica tornar-se mais acessível na escola (Sutton, op. cit.). Isso mostra que a formação cultural do estudante em Ciências está além de entender os seus resultados, envolve um trabalho contínuo e paralelo com a linguagem comum e a matemática na escola, mostrando os processos de produção dos conhecimentos científicos, nos quais aparecem objetos matematicamente construídos para interpretar os fenômenos de interesse (Almeida, 2001). Para que isso ocorra, os alunos devem ter acesso aos papéis que essas linguagens desempenham na Ciência (Almeida, op. cit.).

Sendo assim, tem aumentado o interesse em estudar as linguagens articuladas nas aulas de Ciências. Isso implica a passagem do discurso monomodal (comunicação centrada na linguagem escrita ou oral) para uma visão multimodal de comunicação, que utiliza a articulação das diferentes linguagens: verbal, gestual, visual, matemática etc. (Márquez et. al., 2003). Com isso:

Para construir seus conceitos em ciência, os alunos vão se apropriar das maneiras de decidir próprias do discurso científico (Lemke, 1997; Tomas, 2001), a partir da reconstrução integrada, tanto dos itens de conhecimento que lhes proporcionamos através do discurso ou do texto científico, multimodal em sua essência (Lemke, 1998b), como do texto que já tem em sua mente por suas experiências prévias (Lemke, 1992) (Márquez et. al., op. cit., p.372).

Assim, a comunicação é um evento multimodal e faz referência a um contexto definido da atividade social. Conseqüentemente, aprender sobre comunicação é *aprender a reconhecer os modos [linguagens] utilizados por essas comunidades [no nosso caso, a científica]* (Piccinini & Martins, 2004, p.27).

No nosso caso, a atividade social a que nos referimos está relacionada às práticas científicas, o que implica que os estudantes devem aprender a reconhecer as linguagens dessa comunidade, das quais é importante que se façam explícitos os seus recursos.

Assim, ao trabalhar um gráfico, o professor deve explicitar os recursos tipológicos e topológicos dessa linguagem. Dentre os recursos tipológicos temos, por exemplo, as variáveis como energia, tempo e temperatura. Já os recursos topológicos são os valores das variáveis, a forma da curva com suas inclinações e a organização visual do gráfico.

A importância de explicar esses recursos está no fato de que a linguagem verbal (baseada em recursos tipológicos), como argumentado no tópico 1.2.1, é inadequada para expressar variações contínuas ou quase contínuas.

Ao fazer essa explicitação, criam-se condições para que os estudantes possam visualizar as relações entre as variáveis e para que entendam como elas mudam, além de enxergarem as possíveis tendências, possibilitando que eles desenvolvam uma noção mais clara dos significados matemáticos em questão.

Esses aspectos – que parecem ser triviais aos olhos dos professores – são uma dificuldade para os estudantes uma vez que eles desconhecem grande parte do funcionamento dessas linguagens. Para que a natureza das linguagens usadas na Ciência seja compreendida pelos educandos, é necessário que o processo de construção da inscrição – como no caso da produção de um gráfico – seja retomado na sala de aula, incluindo o uso dos inscrites que deram origem ao mesmo para que os alunos possam ter uma compreensão correta dessa linguagem **em uso** com seus potenciais e limitações para construção dos significados científicos (Capecchi, 2004).

Por exemplo, o gráfico pode ser um excelente recurso para enxergar padrões na atividade científica caso seja produzido de forma aproximada ao de um laboratório científico (como uma inscrição), mostrando: como, no decorrer do processo de resolução do problema de interesse científico e dos alunos, surge a necessidade do uso da linguagem gráfica para relacionar as variáveis topológicas em questão; como cada dado e/ou construção remete ao fenômeno em estudo servindo para comprovação ou refutação de hipóteses e como essa linguagem extrapola os dados para situações mais gerais.

Por outro lado, os gráficos podem limitar a compreensão da Ciência quando utilizados de forma descontextualizada na sala de aula, ou seja, não se deve usar o gráfico sem, pelo menos uma vez, construí-lo como uma inscrição da Física já que nesta existem características específicas que devem ser ensinadas paralelamente ao seu uso. Caso o gráfico seja usado sem a necessária contextualização, não haverá uma construção da sua linguagem com os estudantes, que não verão necessidade de usá-lo, pois, nessa situação, não existe problema de pesquisa e não há uma relação entre fenômeno e dados – com suas características topológicas – fazendo com que os alunos não consigam ver que é possível fazer previsões com essa linguagem.

O contato com o processo de produção da inscrição também pode tornar o fenômeno estudado transparente ao olhar dos alunos como aconteceu com os cientistas que Roth (2003) estudou. Isso é possível à medida que a linguagem matemática usada para interpretar o fenômeno (como o gráfico ou a função extraída do mesmo) é construída com os educandos, explicitando as características do fenômeno e como elas refletem-se nessa linguagem.

Dessa maneira, os aprendizes poderão usar os recursos matemáticos como aspectos inerentes da construção dos conhecimentos científicos e como um aspecto fundamental da estruturação dos objetos que serão usados para interpretar o mundo físico.

Aprofundando-se um pouco mais na aprendizagem da linguagem matemática, Klüsener (1998) mostra que, para aprender matemática, o aluno deve passar primeiro pela linguagem natural (incluindo oral, escrita e visual) para depois desenvolver uma linguagem mais simbólica. Nesse caminho, argumenta a autora, o estudante deve desenvolver uma percepção geométrica do mundo, criando condições para que essa nova visão seja traduzida numa linguagem gráfica e algébrica. Ela ainda ressalta que esta é a linguagem em que os alunos mais apresentam dificuldades e, para que elas sejam superadas, é preciso uma tradução da álgebra em linguagem natural.

Isso é importante para este trabalho porque implica que, para aprender a Matemática das Ciências, é necessário entrar em contato com os fenômenos estudados, conhecendo sua geometria através dos seus aspectos topológicos. E, nesse processo de

tradução de uma linguagem natural/fenomenológica para a linguagem gráfica/algébrica, o fenômeno pode tornar-se transparente ao olhar do educando.

1.3.1 Integração das linguagens da Ciência na sala de aula

Ao analisar como um estudante³ do equivalente Ensino Médio brasileiro integra diversos recursos para construção de significados, Lemke (1998b) traz importantes reflexões sobre a integração das diferentes linguagens na sala de aula. Sobre esse aluno – que se chamava John – havia uma câmera que focalizava sua carteira e sua visão do resto da sala.

Essas gravações foram analisadas junto aos materiais usados em aula. O autor ficou atônito com a quantidade de sistemas de significação que esse estudante integrava em poucos minutos: escrita, leitura do livro texto, diagrama da lousa, calculadora, conversa com os colegas, audição do professor etc. Apesar de não poder verificar como esse aluno trabalha com os conceitos, é importante destacar que ele é um dos poucos estudantes bem sucedidos em Ciências, que fazem parte de uma classe avançada.

Por isso, Lemke (op.cit.) alerta que muitos estudantes passam pelo processo de ensino sem entender e sem usar essas linguagens características, diferentemente do que aconteceu com John. Isso é preocupante, pois muitos saem da escola sem realmente aprender Ciência, em consequência disso, deve-se repensar as formas como usualmente a ensinamos.

O objetivo da educação em ciências, eu quero argumentar, deve ser permitir aos estudantes usar todas essas linguagens em caminhos significativos e apropriados, e acima de tudo, estar apto a integrá-las funcionalmente na conduta da atividade científica (Lemke, op.cit., p.3).

Além disso, é preciso que a intertextualidade, característica da cultura científica, seja relevada no processo de ensino e aprendizagem, no qual diversas linguagens são necessárias para a construção dos significados mesmo quando elas parecem redundantes (Lemke, op. cit.).

Vale lembrar que o estudante não é um cientista e não está acostumado com a maioria das linguagens usadas nos laboratórios de pesquisa. Devido a isso, é preciso muita atenção tanto na forma como elas cooperam quanto na forma como se

³ Ele encontrava-se no último ano, tendo aulas tradicionais de Física, Química e Matemática.

especializam – processos fundamentais para a clarificação dos fenômenos estudados – e, também, dos recursos pertencentes às mesmas – tipológicos e topológicos.

Quando o professor menciona um aumento linear de alguma variável de interesse, não basta apenas dizê-lo, mas sim mostrá-lo de forma cooperativa (ou especializada se for o caso) com um gráfico, por exemplo, para que o significado – no caso matemático – seja explicitado ao aluno, que não está acostumado com essa linguagem, por diferentes meios, criando condições para que ele tenha um acesso mais completo ao fenômeno em estudo.

Logo, o professor, em qualquer um desses processos, tem a possibilidade de clarificar os recursos tipológicos e topológicos em cena à medida que:

- Eles podem ser reforçados com a cooperação de duas linguagens como tabela e fala ou gráfico e desenho;
- Um novo significado tipológico ou topológico aparece quando alguma linguagem especializa outra; por exemplo, gráfico mostrando que os dados de uma tabela representam um aumento linear.

Dessa forma, esses estudos mostram a importância de considerarem-se as diversas linguagens usadas nas ciências e servem como base para interpretar a situação de ensino como na passagem a seguir na qual Lemke (op.cit.) comenta o que ele observou na sala de aula mencionada no começo deste tópico:

Nós ensinamos nas linguagens da ciência, porém nós não ensinamos os estudantes frequentemente sobre essas linguagens[...] Na verdade, a situação é talvez pior que isso, porque para chegar até os significados que John precisa, ele deve não somente dar sentido para cada uma dessas linguagens separadamente, mas também entender os caminhos especiais nos quais o professor combina-as e integra-as umas com as outras (p.7).

2. ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS

Adotamos a concepção de ensino e aprendizagem de Ciências proposta por Gil Pérez et. al. (1999b), que, como veremos adiante, apresenta grande parte dos aspectos discutidos até agora. Esse trabalho mostra uma convergência, no campo da educação em Ciências, de várias linhas de pesquisa e parte da réplica feita às críticas ao construtivismo, explicitando a posição dos autores sobre o que eles entendem do tema.

Para os construtivistas como Gil-Pérez, a construção do conhecimento está associada a questões, o que põe em cheque a visão de mudança conceitual, que costuma ser muito criticada. Assim, as idéias prévias dos estudantes são admitidas como hipóteses, eliminando a tensão de confrontar diretamente suas concepções com os conhecimentos científicos.

Dessa maneira, os autores tomam como orientação construtivista, com a qual estamos de acordo, o tratamento de situações problemáticas abertas, que contêm as seguintes características do raciocínio científico: a consideração do possível interesse e relevância das situações, o estudo qualitativo das situações problemáticas, a invenção de conceitos e formulação de hipóteses, a elaboração de estratégias de resolução, a resolução e a análise dos resultados e o manejo reiterado dos novos conhecimentos em uma variedade de situações.

Dessa forma, a aprendizagem de ciências é concebida como um processo de investigação orientada, que permite aos alunos participarem de uma reconstrução dos conhecimentos científicos, favorecendo uma aprendizagem mais eficiente e significativa (Gil Pérez et. al., op. cit.). Sendo que, para ocorrer, na prática, a orientação da aprendizagem como uma investigação dirigida, é necessário que professores superem suas visões deformadas da Ciência (Gil Pérez et. al., 1999a), a mencionar: **empírico-indutivista e atórica, rígida (algorítmica, exata, infalível...), aproblemática e ahistórica (ou dogmática e fechada), exclusivamente analítica, visão acumulativa de crescimento linear, individualista e elitista e socialmente neutra.**

Alguns autores ainda argumentam que as idéias construtivistas vêm da aplicação de teorias de outros campos. Isso é um erro, pois nega a possibilidade de construir um corpo específico de conhecimentos na didática das Ciências. Isso não significa que não possa haver contribuições de outros campos, é a integração de diferentes áreas que

concebe um corpo específico de conhecimentos sem cair em aplicações mecânicas escassamente efetivas (Gil Pérez et. al., 1999b).

A idéia do estudante como cientista também é criticada, porém, essa metáfora já teve suas limitações assinaladas no campo da didática das Ciências e nos fundamentos construtivistas, que mostram que essa concepção não expressa adequadamente a investigação evidenciada no processo de ensino-aprendizagem de Ciências. Trata-se de colocar os grupos de estudantes em uma situação pela qual os cientistas passam durante sua formação e, através dela, eles poderão familiarizar-se minimamente com o trabalho científico e seus resultados, replicando investigações feitas por outros, abordando problemas conhecidos por quem dirige seu trabalho (o professor). Há também interação nos grupos e entre eles, tendo o docente como coordenador (um papel fundamental). Sendo assim, em vez de estudante como cientista, os autores propõem outra metáfora: investigador noviço (Gil Pérez et. al., op. cit.).

Portanto, as situações problemáticas abertas, o trabalho científico em equipe e as interações entre equipes constituem os elementos essenciais da orientação da aprendizagem de Ciências que os autores chamam de construtivista radical. Isso implica uma participação ativa dos estudantes na construção dos conhecimentos e não a simples reconstrução pessoal dos saberes proporcionados e elaborados por um professor e um texto (Gil Pérez et. al., op. cit.).

Dessa maneira, cai a distinção clássica entre teoria, prática e problemas visto que, se queremos mostrar aos estudantes uma visão correta do trabalho científico, não faz sentido separar esses três aspectos que aparecem imbricados na investigação real. Ademais, as pesquisas separadas nesses três campos apontam para a necessidade da convergência dos mesmos (Gil Pérez et. al., 1999a).

Souza & Fávero (2003) mostram que os professores tendem a tratar a resolução de problemas como mera aplicação da teoria, parecendo desconhecer que teoria e resolução de problemas estão diretamente relacionadas. Teoria é importante para resolver problemas e estes são importantes para a aprendizagem de teoria.

Esses conhecimentos que abordamos precisam ser considerados em cursos de formação de professores com o objetivo de eles superarem parte de suas visões deformadas de Ciência tal como Gil-Pérez et. al (op. cit.) propõem. E, também, na sala

de aula para que os alunos adquiram uma visão mais correta do trabalho científico, entrando em contato com as linguagens da Ciência já que em situações problemáticas abertas, é necessário que eles vivenciem, mesmo que minimamente, o trabalho científico.

Assim, essas propostas construtivistas aproximam-se da perspectiva de enculturação científica adotada no capítulo anterior.

2.1. Ensino por Investigação & Enculturação

Dentre as propostas de ensino construtivistas, consideramos que uma das mais importantes é o *ensino por investigação*, desenvolvido por cinco professores da escola pública média do Estado de São Paulo inspirados nos trabalhos de Gil-Perez e outros, e condensados em Gil-Perez et. al. (1999a e 1999b).

Esse trabalho teve por objetivo a melhoria do aprendizado de Termodinâmica mediante o descontentamento desses professores com os resultados obtidos nas aulas tradicionais, não somente em termos de aprendizado, mas também em relação à apatia que esse tipo aula costuma gerar.

Com isso, esses docentes começaram a reunir-se semanalmente, contando com o apoio financeiro da FAPESP. Esse trabalho resultou na publicação do livro *Termodinâmica: um ensino por investigação* (Carvalho et. al. 1999).

Nessa metodologia, o ensino é aproximado a uma investigação científica além de trabalhar com aspectos históricos e epistemológicos da Ciência, contendo as seguintes atividades que são sugestões de trabalho para a sala de aula (Carvalho et. al., op. cit.):

- Utilização de textos históricos – que colocam os estudantes na problemática com a qual os cientistas se defrontaram e os levam ao levantamento de hipóteses, à construção coletiva do conhecimento e à sua socialização;
- Utilização de textos de apoio – que dão embasamento teórico a todas as atividades desenvolvidas;

- Demonstrações experimentais investigativas – que, através de perguntas realizadas sobre um experimento, trazem o levantamento de hipóteses, a análise qualitativa a partir dos conhecimentos disponíveis e levam à construção coletiva do conhecimento;
- Laboratório aberto – que, a partir de uma problemática, se propõe a elaborar um teste experimental, desenvolvendo as habilidades de manipular, questionar, organizar, comunicar e escrever, além de proporcionar o levantamento de hipóteses e o desenvolvimento de um modelo teórico;
- Questões abertas – que, com o uso de uma questão sobre física do cotidiano, introduz o desenvolvimento da argumentação, o levantamento de hipóteses e a escrita científica;
- Problemas abertos – que, partindo de uma questão aberta, devem definir condições de contorno, a fim de chegar a uma resposta numérica;
- Uso de recursos tecnológicos – que ajuda a visualizar o modelo, facilita a compreensão e motiva os estudantes.

Focamos nossas atenções no laboratório aberto, uma atividade que tem mostrado ser bastante rica em termos de aspectos da cultura científica trabalhados (Capecchi, 2004), e:

É um tipo de laboratório em que o aluno participa ativamente de todas as etapas, desde a elaboração de hipóteses, até a elaboração da conclusão, junto com o professor. O laboratório aberto é uma atividade bastante importante, pois coloca o aluno em contato com o trabalho científico, tal como ele é feito, no qual, ao final do trabalho, é produzido um relatório experimental, que é o conjunto de todas as etapas desenvolvidas em classe, com gráficos, equacionamento de retas, etc. (Carvalho et. al., op. cit., p. 13).

O laboratório aberto é dividido em seis momentos (Carvalho et. al., op. cit.):

- Proposta do problema: apresentado em forma de pergunta ampla, que deve estimular a curiosidade do estudante e gerar uma discussão, sendo sua resposta o objetivo principal do experimento;

- Levantamento de hipóteses: a partir da discussão gerada pelo problema, os alunos devem levantar suas hipóteses para resolvê-lo;
- Elaboração do plano de trabalho: elaboradas as hipóteses, é discutido com toda a turma como será realizada a experiência, desde a montagem até a coleta de dados e sua análise;
- Montagem dos arranjos experimentais e coleta de dados: é o momento em que os alunos executam o que foi planejado na etapa anterior, ou seja, eles manipulam o aparato experimental para coletar os dados;
- Análise dos dados: busca de informações para a solução do problema com o auxílio de tabela, gráfico e equações. Há também o teste de hipóteses;
- Conclusão: nesse momento, formaliza-se uma resposta ao problema, verificando a validade das hipóteses levantadas previamente e suas conseqüências.

Essas seis etapas são de extrema importância, pois, quando o professor tem o devido preparo para trabalhá-las, pode ocorrer o que definimos com enculturação científica como veremos a seguir.

2.1.1 A cultura científica numa aula de laboratório aberto

Consideramos que atividades como o laboratório aberto levam à enculturação científica, ou seja, introduzem os estudantes nas linguagens e práticas da Ciência. Dessa forma, precisamos delimitar essas últimas para entender melhor como esse laboratório pode levar à enculturação.

As linguagens da Ciência foram desenvolvidas no tópico 1.2. no qual discutimos a importância de considerá-las para o entendimento dos processos de construção dos conhecimentos científicos. Destacamos a importância da linguagem oral e da escrita, além da matemática junto com as linguagens que a constituem (gráfica e algébrica).

Dentro das práticas científicas, destacamos, sem querer esgotá-las, a problematização, o levantamento de hipóteses, o planejamento da experiência, o trabalho com gráficos e funções e a argumentação, além do uso de referenciais teóricos.

Enfatizamos que a atividade de laboratório aberto reflete essas práticas, ajudando o professor a criar um ambiente que auxilie os estudantes a construírem e usarem as linguagens da Ciência. Para tal fim, esboçamos, nas seis etapas mencionadas no tópico anterior, o papel que o professor deve desempenhar:

- Proposta do problema: deve problematizar a atividade, chamando atenção dos estudantes para a relevância da atividade através de constantes questionamentos. Nessa etapa, há ênfase na linguagem oral e escrita, e a fala dos estudantes, ao ser retomada pelo docente, começa a encaminhar-se para uma linguagem mais formal;
- Levantamento de hipóteses: deve-se tomar as idéias dos estudantes como hipóteses de trabalho, chamando atenção para quais podem ou não ser testadas. Nessa etapa, também há uma ênfase na argumentação já que é necessário discutir quais hipóteses realmente estão relacionadas ao problema, sendo importante os constantes questionamentos do professor tentando valorizar as idéias dos seus alunos, criando, assim, um ambiente participativo. O foco da linguagem aqui também é no oral e no escrito, só que, ao sistematizar na lousa os conhecimentos, o docente transforma a fala dos seus alunos em uma linguagem mais formal;
- Elaboração do plano de trabalho: novamente é importante a participação dos educandos no planejamento do arranjo para testar as hipóteses. O tipo de questão também é fundamental. O professor deve não só levar em conta as idéias dos estudantes, mas fixar os pontos e/ou variáveis relevantes para que a experiência meça o que se propõe, o como e o que medir e em quais condições. É necessário, ainda, enfatizar o caráter coletivo da produção científica, na qual os grupos são importantes para a construção de uma explicação-modelo. Então, deve-se dividir o trabalho em função das condições de experimentação, ou melhor, um grupo realiza a experiência com um material e outro com uma substância diferente, a fim de testar as hipóteses etc, além de discutir como fazer as medidas. Nesse ponto, a linguagem oral e a escrita ainda estão em foco, mas começa a aparecer a necessidade de outras linguagens da Ciência para o desenvolvimento do estudo, tais como o uso de números para a confecção de uma tabela;

- Montagem dos arranjos experimentais e coleta de dados: nessa etapa, o que prevalece é a ação dos alunos sobre os materiais, que só pode ocorrer mediante o ambiente criado pelo professor. Novamente, o caráter social da Ciência é estabelecido ao ocorrer a divisão de trabalho nos grupos. Também, podem acontecer, durante a coleta de dados na elaboração de uma tabela, os primeiros testes de hipóteses e a construção das primeiras explicações por parte dos estudantes;
- Análise dos dados: essa é a fase mais complexa do laboratório aberto, ocupando mais de duas aulas. O professor deve introduzir a linguagem matemática para resolver o problema; é preciso que se construam tabelas, gráficos e funções para testar as hipóteses e construir uma explicação para o fenômeno. É nessa etapa que a matemática da Ciência deve aparecer para estruturar o conhecimento científico, além de integrar os recursos tipológicos aos topológicos, sendo que é o papel do professor explicitar esses processos, fazendo com que o fenômeno transpareça nessas linguagens. Para tal fim, é importante que ele explore com seus alunos todo o potencial de cada uma dessas linguagens que compõem a matemática usada na Física. Logo, apesar de valorizar a fala dos estudantes, novamente o professor deve fixar os pontos importantes, pois, vale lembrar, muitos desses conhecimentos foram construídos com muito tempo de pesquisa e com a colaboração de diversos grupos de cientistas. Portanto, o papel do professor é o de guia para a apreensão desses saberes, destacando os aspectos relevantes das linguagens a fim de interpretar o fenômeno. Isso só é conseguido quando se usam, cooperativa ou especializadamente, as diversas linguagens, explicitando aos poucos o funcionamento das mesmas;
- Conclusão: a partir desse ponto, o professor deve estimular seus alunos a construírem uma resposta para o problema através das linguagens desenvolvidas e, também, deve obter a função matemática que descreve o fenômeno. Para isso, ele pode discutir os pontos importantes como o papel do coeficiente angular e linear da reta. Feito isso, deve-se encaminhar a elaboração de um relatório científico, no qual os estudantes terão a oportunidade de ensaiar o uso das linguagens da Ciência.

Dessa forma, a atividade de laboratório aberto agrega diversos aspectos da cultura científica. Segue uma tabela que contém um resumo dessas características e que foi adaptada de Capecchi (2004)⁴:

| Equação Fundamental da Calorimetria | | |
|---|--|---|
| <i>Atividade de Laboratório Aberto</i> | | |
| Etapas da Atividade | Aspectos da Cultura Científica Identificados | |
| <i>Motivação e planejamento da Investigação</i> | | |
| 1. Apresentação do problema e hipóteses | Problemas Hipóteses | Aspectos conceituais e metodológicos (Técnicos) |
| 2. Planejamento do teste experimental | Teste experimental | |
| <i>Execução da investigação</i> | | |
| 3. Coleta de dados | 1ª inscrição Materiais ==> Tabela | Medidas |
| 4. Análise de Dados | Interpretação da Tabela (1ª inscrição) | Similaridades e Diferenças |
| | 2ª inscrição Tabela ==> Gráfico | Incertezas / Aproximações |
| 5. Conclusões | Interpretação do Gráfico (2ª inscrição) | Regularidades |
| | 3ª inscrição Gráfico ==> Função | Reta Média |
| Definição da equação geral da calorimetria | | |
| Introdução do conceito de calor específico | | |
| Dedução da equação geral a partir da generalização da função obtida para o caso da água | | |

Tabela 2.1: resumo de uma atividade de laboratório aberto.

Essa autora, ao estudar como a cultura científica é disponibilizada no plano social da sala de aula através de atividades de interação entre professora e alunos, verificou que diversos aspectos dessa cultura estão presentes no laboratório aberto na medida em que ele coloca os alunos em contato com o processo de inscrição literária conforme descrito no capítulo 1.

Dentre os aspectos encontrados pela pesquisadora, depois de feita a problematização e a elaboração de hipóteses, estão: *a identificação de variáveis relevantes para o teste experimental, aspectos técnicos envolvidos na realização de*

⁴ Esta tabela refere-se a uma atividade de laboratório aberto que tinha por objetivo construir a equação fundamental da calorimetria.

medidas, estabelecimento de condições padronizadas para comparação de resultados e trabalho cooperativo (Capecchi, op. cit., p. 197).

Vale ressaltar que a autora analisou essa seqüência – que durou, aproximadamente, quatro aulas duplas – somente até a elaboração da primeira inscrição, ou seja, a tabela com os dados de uma experiência que consistia em verificar como se dá o aquecimento da água.

Ela analisou os potenciais e limitações que essa tabela possui na busca de relações entre variáveis – outra característica importante da cultura científica. Isso foi feito através da procura de semelhanças e diferenças entre os dados, o que levou à necessidade de outra inscrição, ou seja, o gráfico (que não foi analisado).

Sobre esse tipo de atividade, Moreira (2005) mostra que os estudantes que passaram por uma seqüência de ensino por investigação desenvolvem uma visão de ciência mais adequada.

Esses alunos, mostra o autor, apropriam-se também de algumas ferramentas culturais da Ciência, que permanecem em suas mentes mesmo depois de passado algum tempo do processo de ensino e aprendizagem. Assim, nesse tipo de atividade ocorre a enculturação científica.

2.2 Problema de Pesquisa

Como foi visto anteriormente, a visão de Ciência como cultura com suas linguagens, incluindo a matemática, é um importante meio para análise da atividade científica e, também, traz diversas implicações para o ensino de ciências.

Vale ressaltar que esboçamos (capítulos 1 e 2) como as linguagens se articulam para construir significados:

- Nas Ciências, ou seja, no contexto de pesquisa, envolvendo as suas várias etapas, desde a tomada de dados e a elaboração de gráficos até a produção de artigos (Lemke, 1998a; Roth & Lawless, 2002; Roth, 2002);

- Nas aulas tradicionais de Ciências, nas quais um estudante articula diversas linguagens em um período curto de tempo para expressar-se corretamente (Lemke, 1998b, 2002);
- Parcialmente, em aulas de ensino por investigação, contemplando os aspectos que consideramos relevantes no ensino, tais como: aprendizagem como enculturação, articulação de diversas linguagens da ciência e o uso de atividades experimentais condizentes com o trabalho científico real (Capecchi, 2004; Moreira, 2005).

Falta verificar como professor e estudantes desenvolvem os significados numa aula diferenciada (que englobe os aspectos mencionados), observando como são articulados os recursos tipológicos e topológicos nessas aulas e se eles são condizentes com a natureza do trabalho científico e sua prática, além de averiguar se os estudantes olham para as linguagens matemáticas da mesma forma que os diferentes cientistas, ou se são encaminhados nessa direção.

Logo, este trabalho pretende investigar qual o nível de enculturação científica que o laboratório aberto pode proporcionar aos estudantes. Para tal fim, pretendemos responder a seguinte questão:

Como, em uma seqüência de ensino de laboratório aberto, alunos e professor articulam a linguagem matemática usada pelos físicos com as outras linguagens para construir os significados científicos?

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 Objetivos da Pesquisa

Como desenvolvido no capítulo anterior, nossa problemática localiza-se em torno de como as diferentes linguagens usadas por professor e alunos, em uma aula de laboratório aberto, articulam-se à linguagem matemática para construir os significados da cultura científica.

3.2 A Pesquisa e sua Estruturação

Esta pesquisa é um estudo de caso envolvendo uma seqüência de aulas de Física. Investimos nosso olhar em uma turma que contemple os aspectos matemáticos da Ciência. Por isso, analisaremos aulas do Ensino Médio.

Optamos por uma seqüência de ensino de uma atividade de laboratório aberto uma vez que, nessa atividade, os aspectos matemáticos são marcantes e a participação dos alunos é ativa, possibilitando a visualização das diferentes linguagens em ação. Além disso, no laboratório aberto, ao aproximar o ensino de uma investigação científica, é dada a oportunidade aos estudantes de trabalharem as linguagens da Ciência, incluindo a matemática.

3.3 Delimitando o Caso

3.3.1 A Escola

A pesquisa foi realizada numa escola pública da rede estadual de ensino, localizada na zona sul de São Paulo, que atende o nível médio de ensino em todos os períodos. Havia cerca de 2000 alunos na instituição, totalizando 45 turmas – 20 no período matutino, 5 no vespertino e 20 no noturno.

Essa escola acolhe alunos das classes média e baixa de alguns bairros vizinhos. Alguns alunos moram perto da escola, outros freqüentam-na porque ela está localizada entre suas casas e seus trabalhos. Isso leva a muitas desistências, pois, ao perderem o

emprego, esses alunos abandonam a escola uma vez que ela acaba ficando longe de suas casas. Na turma em que foram gravadas as aulas, cerca de 30% moravam ou trabalhavam na vizinhança da escola, enquanto os outros 70% residiam em bairros distantes.

Trata-se de uma escola antiga com infra-estrutura que conta com muitas salas temáticas bastante amplas, salas de vídeo e computador.

A sala de Física possui balcões de alvenaria no fundo (usados somente quando os estudantes realizavam os experimentos), vários cartazes feitos pelos alunos sobre temas de Física, além de uma pia com água encanada, duas estantes grandes cheias de livros (que os alunos usam para consultas) e dois armários cheios de aparatos experimentais e fotocópias de textos (muitos desses materiais foram adquiridos com o financiamento da FAPESP em decorrência do programa de pesquisa do qual a professora fazia parte). Dentro dos armários, ficam vários aparelhos de medida e outras coisas feitas pelos alunos (termômetros, ampolhetas etc), das quais a professora guardou somente as melhores. Na frente da sala, estão localizadas as carteiras universitárias e, uma vez que a largura da sala é maior que a profundidade, é rompida a distribuição tradicional delas, ou melhor, elas formam um semicírculo em volta da lousa (figura 3.1).

Vale ressaltar que muitos dos materiais encontram-se bastante deteriorados e em pequena quantidade, dificultando a realização das experiências.

Segue uma representação da sala de aula retirada de Capecchi (2004):

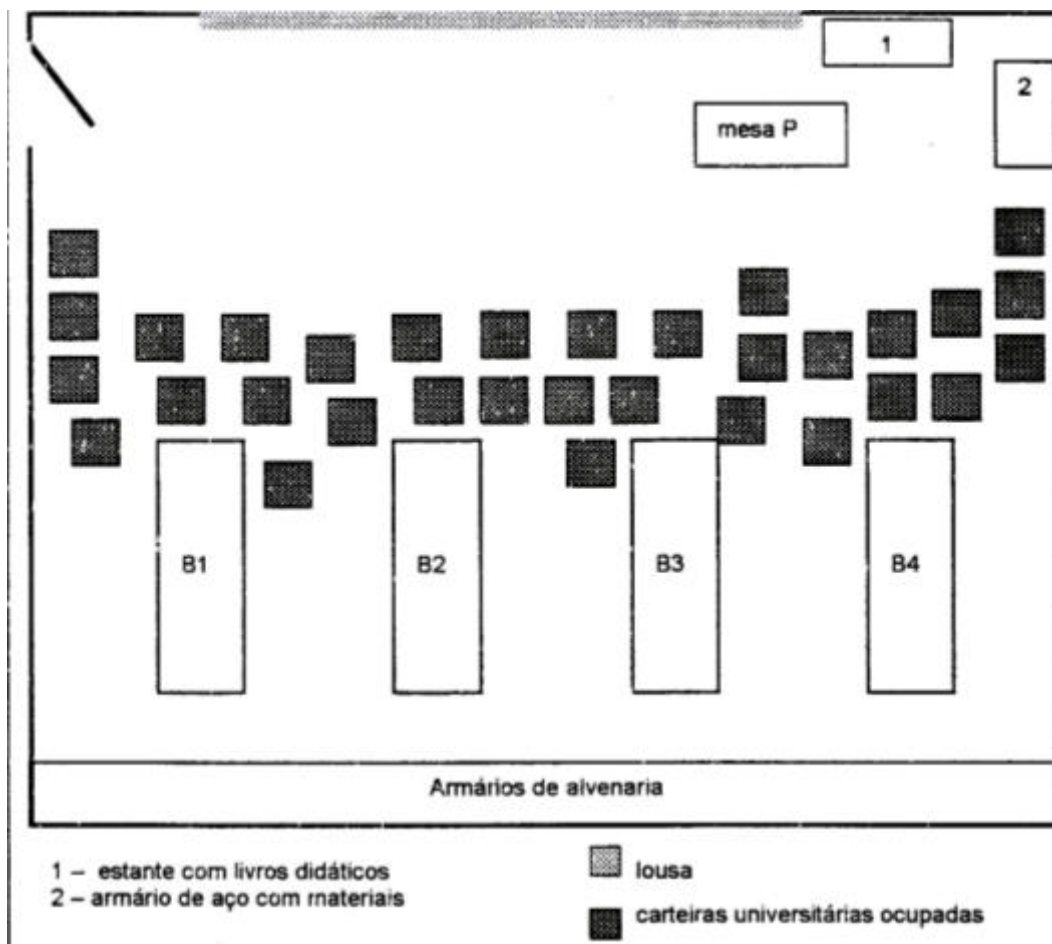


Figura 3.1: representação da sala de aula

3.3.2 A Professora e os Alunos

No momento em que foram feitas as filmagens, a professora contava com mais de vinte anos de magistério na escola pública e dois anos de participação no grupo “Melhoria da Qualidade de Ensino de Termodinâmica no Ensino Médio de Escolas Estaduais”, do qual foi uma das fundadoras. Também, foi uma das idealizadoras do livro *Termodinâmica: um ensino por investigação* (Carvalho et. al., 1999), que era usado como referência para as aulas de quatro de suas turmas no primeiro ano do Ensino Médio. Foi ela quem sugeriu a turma que oferecia as melhores condições para discussão, ou seja, uma sala que contava com uma aula dupla, favorecendo o desenvolvimento das atividades.

Essa turma era composta por quarenta e dois alunos regulares, a média de frequência era de, aproximadamente, trinta alunos, número normal em todas as disciplinas.

3.3.3 As Aulas e a Seqüência de Ensino

As aulas possuíam 50 minutos de duração e, por serem salas-ambiente, havia um intervalo de cinco minutos entre uma e outra – período no qual os alunos mudavam de sala. Logo, o tempo de duração variava entre cem e cento e cinco minutos uma vez que foram gravadas aulas duplas e, muitas vezes os estudantes permaneciam na sala realizando as atividades ao toque do sinal de mudança de aula/sala.

Optamos por uma seqüência de ensino sobre calor e temperatura que envolvia uma atividade de laboratório aberto. No programa da professora, era reservado um total de quatro aulas para essa atividade, além de duas aulas-extra relacionadas às anteriores, que tinham por objetivo a dedução da equação geral da Calorimetria.

Além disso, escolhemos para analisar a parte da seqüência em que os aspectos matemáticos são mais importantes, o que inclui a passagem dos dados de uma tabela para um gráfico e a extração da função matemática deste. Dessa forma, nossa análise terá como ponto de partida a sétima aula da seqüência de ensino.

Dentre os seis momentos dessa atividade de laboratório aberto (discutidos no capítulo 2), a sétima aula encontra-se na *análise dos dados*; em especial, na confecção de um gráfico a partir da tabela elaborada na aula anterior.

Um fato a ser mencionado é que a primeira parte dessa seqüência de laboratório foi analisada em pesquisas anteriores (Capecchi, 2004) e diversos aspectos da cultura científica foram encontrados, conforme discutido no capítulo anterior. Porém, os significados matemáticos da atividade não foram explorados com profundidade.

Segue uma tabela-resumo, contendo o número de aulas da seqüência de ensino em questão:

| Programa de Ensino | Aulas e Atividades Desenvolvidas |
|-------------------------------|--|
| Equação Geral da Calorimetria | Aulas 4 a 8: Atividade de Laboratório Aberto |
| | Aulas 9 e 10: Dedução da Equação Geral da Calorimetria |

Tabela 3.2: número de aulas da seqüência de ensino analisada

3.4 Coleta de Dados Potenciais

Dada a complexidade do fenômeno de ensino e aprendizagem, a partir de uma mesma gravação pode-se estudar mais de um problema, baseando-se em mais de um referencial teórico já que as gravações não são os dados de pesquisa (Carvalho, 2005). Sendo assim, buscamos gravações de aulas usadas em outras pesquisas e que contivessem os aspectos teóricos mencionados no capítulo anterior. Por isso, usamos registros feitos na escola descrita anteriormente no ano 2000.

A grande vantagem do vídeo é poder observar a seqüência de ensino quantas vezes forem necessárias, notando novos aspectos a cada audiência ou, como mostra Carvalho (2005):

Na verdade as lentes de uma câmara, encarnada na sala de aula, tendo um pesquisador por trás, permitem ultrapassar os limites do observável em relação aos processos de ensino e aprendizagem e nos leva, sem dúvida, a uma mudança de paradigma nas pesquisas didáticas (p.34-35).

Ainda mais, os registros de vídeo criam um senso de “realidade” muito forte em comparação a relatos escritos, pois permitem integrar funcionalmente os aspectos tipológicos e topológicos da construção de significados (Lemke, 1999).

Com isso, as diferentes linguagens empregadas pela professora e pelos alunos puderam ser acompanhadas detalhadamente. Foram registradas, também, todas as etapas da seqüência, pois não se podia saber, de antemão, em qual ocorreriam eventos que fossem importantes para a pesquisa.

Houve momentos nos quais duas câmeras foram usadas simultaneamente e em sincronia (uma fixa e a outra móvel), o que possibilitou captar mais gestos, expressões e falas de todos os participantes e a identificação de quem estava participando em determinado momento. Nos trabalhos em grupo, sempre havia uma câmera fixa em um dos grupos.

3.5 Organização da Análise

Com o objetivo de facilitar o processo de análise, dividimos as aulas em episódios – que são os momentos da situação de ensino nos quais se torna claro o que

queremos investigar (Carvalho, 2005) – e esses em eventos e cenas. Usamos como critério para essa decomposição os aspectos da cultura científica encontrados em cada subunidade e empregamos uma análise de caráter multimodal para elas.

O tipo de análise aqui feita leva em conta: 1 – a natureza das aulas como meio social e culturalmente organizado para o aprendizado, 2 – a natureza do ensino como um dos aspectos do meio de aprendizagem reflexivo e 3 – a natureza (e o conteúdo) das perspectivas de significação do professor e do aluno como elementos essenciais ao processo educativo (Erickson, 1989).

Assim, na nossa pesquisa, o item 1 é compreendido como o meio criado pela professora ao disponibilizar a cultura científica no plano social da sala de aula (Capecci, 2004), o item 2 é abarcado pelos aspectos da cultura científica contidos nas aulas e no item 3 são incluídas as diferentes linguagens da ciência usadas pelos participantes do processo de ensino e aprendizagem.

3.5.1 Os Dados de Pesquisa

Os dados desta pesquisa são formados pelo diálogo das transcrições das aulas (fontes potenciais de dados) com a teoria desenvolvida nos capítulos anteriores (Erickson, 1998; Carvalho, 2005). Dessa forma, selecionamos somente os momentos que estavam relacionados à construção de significados matemáticos da Ciência.

Assim, os instantes das discussões que fugiam desse foco foram omitidos. Isso aconteceu algumas vezes também porque a professora era a coordenadora da turma e, em alguns momentos, eram discutidos temas não pertinentes à disciplina Física. Nesses momentos, as filmagens foram interrompidas e o período de duração anotado.

Logo, os dados foram se formando à medida que identificávamos os eventos dos episódios relevantes à questão de pesquisa. Esses eventos foram demarcados conforme o aspecto da cultura científica que representavam e divididos em cenas, que também foram classificadas com relação aos aspectos da cultura científica identificados. Segue um exemplo de como um episódio foi dividido em eventos e como um desses foi dividido em cenas (tabelas 3.2 e 3.3).

Episódio 1 – Análise do gráfico

| Evento | Descrição | Início (Δt) |
|--|---|--------------------|
| E1 - Início da aula / chamada | Há grande agitação na sala. A professora (P) faz a chamada, enquanto alunos conversam e se acomodam. | 0' |
| E2 – Introdução | Em meio a muita agitação, a professora procura chamar a atenção dos alunos para a retomada da atividade (42"). Nesse momento, ela começa a revisar as etapas da atividade de laboratório que vem sendo realizada há duas semanas. | 3'22" |
| E3 – Confeção do gráfico | A professora começa a construir o gráfico na lousa, explicando detalhadamente cada etapa e discutindo com os alunos a definição das escalas. | 6'54" |
| E4 – Análise do gráfico | (intervalo) / traçando reta média | 44'37" |
| E5 – Revisão sobre funções | | 88' |
| E6 – Procurando um jeito matemático de analisar os dados | | 99'50" |
| Encerramento | | 101'19" |

Tabela 3.3 – divisão de um episódio em eventos

| Evento 4 | |
|-----------------|---|
| Cenas | Descrição da Cena |
| C1 | Identificação da curva |
| C2 | Discussão sobre incertezas |
| C3 | Definição de Desvio Experimental e Reta Média |

Tabela 3.4 – Divisão de um evento em cenas

Depois de selecionados os episódios, os eventos e as cenas, fizemos as transcrições usando o padrão proposto por Preti (1997), descrito no apêndice. Feito isso, transcrevemos as outras linguagens empregadas: gestos, desenhos, gráficos, materiais e escrita no quadro negro, além de informações sobre olhares e comportamentos que estivessem relacionados aos significados científicos que nos propomos a estudar.

Segue um exemplo das transcrições (tabela 3.5), que foram separadas em colunas para compreender as características multimodais da comunicação relacionadas à ciência. Na primeira coluna, está a linguagem oral e as ações exercidas pelos participantes (que dão uma impressão da dinâmica da aula), na segunda, encontram-se os aspectos visuais e da escrita e na terceira, os gestos.

Nos casos em que há simultaneidade do emprego das diferentes linguagens, destacamos com negrito, sublinhado e/ou itálico para indicar essa característica comunicativa. As ações encontram-se, também, entre parênteses duplos e em itálico para diferenciá-las da linguagem oral.

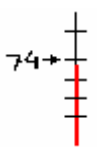
| Linguagem Oral / Ações | Visual/Escrita | Gestual |
|--|---|---|
| <p>1. P: ((<i>grande agitação na sala, a professora procura retomar o tema, segurando um termômetro na mão</i>)) ((63'18'')) primeira coisa ... teve gente que <i>arredondou</i> e não tá querendo falar isso ... <u>cê tem o tracinho do termômetro aqui</u> ... se o mercúrio tava - - vamos considerar esta marca 74 - - se o mercúrio tava QUASE no 74 ... mas não era exatamente 74 ... falou que era ((64')) ... isso muitas vezes acontece ... a diferença sendo pequenininha a gente arredonda pra cima</p> | <p>Desenha</p>  | <p><u>Aponta</u> <u>desenho na</u> <u>lousa</u></p> |

Tabela 3.5 – exemplo de transcrição

Nesse segmento, durante toda a fala, a professora (P) segura o termômetro na mão (atitude expressa na primeira coluna). Em dois momentos, ela usa linguagens diferentes simultaneamente: primeiro a fala com um gesto (representado pelo trecho sublinhado) e depois a fala com o desenho (representado pelo trecho em negrito). O tempo decorrido aparece entre os parênteses duplos com o objetivo de mostrar o andamento da aula.

3.5.2 Ferramentas para Análise dos Dados

Adotamos uma forma de análise baseada em uma visão multimodal de comunicação, que faz uso do diálogo das diferentes linguagens – verbal, gestual, visual etc. (Márquez et. al., 2003).

Observamos nos vídeos como ocorrem as relações entre essas linguagens para a construção dos significados gráfico-matemáticos no segmento de aula selecionado. Para tal fim, verificamos se elas se especializam ou cooperam nesse processo (Márquez et. al., op. Cit) já que temos por certo a importância desses processos ao considerar que a linguagem oral e a escrita não são suficientes para construir os conhecimentos.

Ao mesmo tempo, focamos nossas atenções na construção de significados tipológicos e topológicos, ou seja, avaliamos como esses recursos aparecem na

comunicação da sala de aula e como os gráficos e a matemática são usados para integrá-los nas aulas escolhidas.

Além disso, verificamos a forma como é promovida a familiarização com os processos que levam à construção das linguagens gráfica e matemática, ou seja, se a professora cria condições para a visualização do fenômeno através das mesmas.

Daí a importância da cooperação e especialização das linguagens para enfatizar tanto os recursos tipológicos quanto os topológicos que elas possuem, explicitando, ainda, de que forma remetem ao fenômeno.

3.5.3 Apresentação da Análise

Apresentamos tabelas com uma descrição de cada episódio e suas respectivas subdivisões (eventos que são divididos em cenas), sendo que cada uma delas será analisada com as ferramentas mencionadas acima. Também destacamos os recursos tipológicos e topológicos das linguagens junto com suas especializações e cooperações através do *itálico*.

No fim de cada evento, apresentamos uma tabela-resumo seguida de conclusões parciais sobre o mesmo.

4. ANÁLISE DOS DADOS

4.1 Episódio 1 – Análise do Gráfico (Aula 7 – 31/05/00)

| Evento | Descrição | Início (t) |
|--|--|------------|
| E1 - Início da aula / chamada | Há grande agitação na sala. A professora (P) faz a chamada, enquanto alunos conversam e se acomodam. | 0' |
| E2 – Introdução | Em meio a muita agitação, a professora procura chamar a atenção dos alunos para a retomada da atividade (42"). Nesse momento, ela começa a revisar as etapas da atividade de laboratório que vem sendo realizada há duas semanas. Ela também enfatiza que, com a tabela, não dá para ver como os intervalos de temperatura variam, sendo necessário o gráfico para ter uma impressão visual desses intervalos ao longo do experimento. | 3'22" |
| E3 – Confeção do gráfico | A professora começa a construir o gráfico na lousa, explicando detalhadamente cada etapa e discutindo com os alunos a definição das escalas. | 6'54" |
| E4 – Análise do gráfico | (intervalo) / traçando reta média | 44'37" |
| E5 – Revisão sobre funções | | 88' |
| E6 – Procurando um jeito matemático de analisar os dados | | 99'50" |
| Encerramento | | 101'19" |

Tabela 4.1. – Resumo do episódio 1

Fazem parte desse episódio de ensino os eventos 4 e 6 nos quais os aspectos matemáticos da Física foram utilizados. O evento 5 apenas relaciona-se a conteúdos matemáticos fora da Ciência, não sendo importante para nossos propósitos.

4.1.1 Evento 1.4 – Análise do Gráfico

Resumo do Evento 1.4

| Evento 1.4 | |
|------------|--|
| Cenas | Descrição da Cena (Aspectos da cultura científica) |
| C1 | Identificação da Curva |
| C2a e C2b | Discussão sobre Incertezas |
| C3 | Definição de Desvio Experimental e Reta Média |

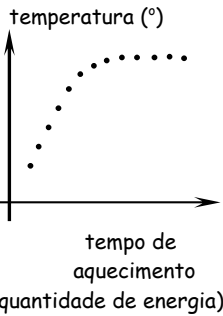
Tabela 4.1.1. – Cenas do episódio 1

Cena 1 – Identificação da curva

A cena inicia-se com uma discussão sobre os gráficos confeccionados com base nos dados da tabela (tempo de aquecimento e temperatura) do laboratório aberto sobre aquecimento da água.

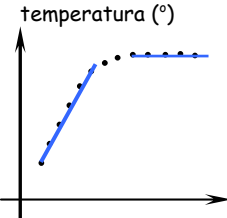
Anteriormente, foram discutidas as várias características do gráfico e foi determinado que cada dois centímetros no eixo do tempo (horizontal) correspondiam a dois minutos e, para o eixo das temperaturas (vertical), era necessário começar a partir dos dezoito graus, marcando de dois em dois graus para caberem todos valores no gráfico. A professora também enfatizou a necessidade de não unir os pontos. Depois das explicações, ela passou de grupo em grupo ajudando seus alunos a montarem seus gráficos.

Após todos confeccionarem os gráficos, a professora iniciou a discussão a seguir:

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|---|--------|
| <p>1. P: ((<i>professora está em pé de frente para a turma no centro da sala</i>)) bom ... vamos prestar atenção um pouquinho ... eu pedi pra não unir os PONTOS ... nós não estamos fazendo um gráfico de matemática ... o gráfico de matemática é uma equação exata... você... faz valores para o x ((45')) ... calcula o y... ((<i>comentários de alunos</i>)) dá tudo certinho bonitinho ... nós NÃO sabemos... o resultado desse gráfico...nós temos uma SÉRIE de medidas... colocamos no gráfico pra ver o que que acontece...e todo mundo teve uma coisa mais ou menos... assim... tá... como eu:: circulei por aí... eu vi como ficava o desenho ... <u>ficou mais ou menos isso aqui... né...</u></p> <p>2. A2: É</p> <p>3. A?: Ficou...</p> <p>4. P: Né...</p> <p>5. A2: ahnham...</p> <p>6. A7: é ...</p> <p>7. A4: Mas... ()</p> | <p><u>Desenha pontos no gráfico</u></p>  <p>temperatura (°)</p> <p>tempo de aquecimento (quantidade de energia)</p> | |



No turno 1, P chama atenção para a natureza do gráfico usado na Física – “[...] nós não estamos fazendo um gráfico de matemática...”, enfatizando que, na pesquisa científica, não se tem certeza dos resultados que serão obtidos. Isso mostra sua preocupação em tratar o gráfico de forma aproximada ao usado no cotidiano científico tal como enfatizamos ser necessário ao citar Roth (2003).

Além disso, ela ressalta que o conjunto de pontos obtidos por todos tem uma forma parecida. Nesse instante, o significado da linguagem oral é respaldado pela visual uma vez que a primeira não dá conta de representar a idéia em questão, por isso ela desenha os pontos do gráfico na lousa. Dessa forma, o gráfico e seus pontos *especializam* o significado que P planejou para seus alunos construírem ao mostrar a forma da curva, ou seja, um significado *topológico*, que dificilmente seria construído com a linguagem oral.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|--|
| <p>8. P todo mundo... teve... <u>uma parte...</u> em que a <u>temperatura...</u> vai aumentando... que corresponde a essa parte inclinada... depois aqui teve um espacinho que dá uma... dá uma curvadinha... né...num é uma coisa muito RETA...e depois... estabilizou aqui a temperatura... DÁ pra gente perceber ... QUE ((46')) ... ISSO AQUI PARECE uma reta... <i>isso aqui parece OUTRA reta...</i> aqui não porque aqui:: dá uma curvada... mas... não dá a impressão... OLHANDO SÓ OS PONTOS... por isso que eu pedi pra não ligar... só os pontos... que aqui a gente tem uma reta... aqui teria uma curvinha... e depois emenda com uma outra reta horizontal?</p> <p>9. A: ahnham...<i>((alunos respondem juntos))</i></p> <p>10. A?: Mais ou menos...</p> <p>11. P: Se... a gente pegar a régua... e colocar...</p> <p>12. A?: () reta...</p> <p>13. P: não vai dá uma reta...</p> <p>14. A17: não ...</p> <p>15. P: <u>mas tudo mos-tra</u> ...</p> <p>16. A?: ...que é uma reta...</p> <p>17. A17: que é uma reta ... ah ... puxa ...</p> <p>18. P: como é que a gente resolve isso?</p> <p>19. A5: a minha não deu uma reta...</p> <p>20. A18: essa aqui não deu reta...</p> | <p><i>Desenha duas retas no gráfico</i></p>  <p>temperatura (°)</p> <p>tempo de aquecimento (quantidade de energia)</p> | <p><u>Simula reta ascendente</u> Acompanha pontos do gráfico com a mão</p> <p><u>Simula reta ascendente</u></p> |

Na seqüência (turno 8), a professora tenta melhor ilustrar as idéias anteriores, apontando as características da curva obtida. Para tal fim, ela utiliza *cooperativamente* a linguagem verbal e a gestual (simulando uma reta ascendente e acompanhando os pontos no gráfico), sendo que esta melhor representa as características variacionais ou *topológicas* do fenômeno estudado. E, também, indica quais partes do gráfico podem ser aproximadas a uma reta e quais não podem, atitude amparada pelas retas desenhadas no gráfico as quais são mais eficientes para representar as características *topológicas* do fenômeno (aumento linear e constância da temperatura em certo período de tempo), *especializando* os significados.

Os estudantes atendem a demanda de P ao responder sua pergunta (turno 9), porém, há uma certa desconfiança (turnos 10, 19 e 20), o que leva a uma explicação mais precisa: “Não vai dar uma reta...”, “mas tudo mos-tra...”, na qual o gesto *coopera* para indicar a linearidade do aumento, o que se estende no próximo turno.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|--------|
| 21. P ela NUM:: DÁ um reta... mas também num dá uma figura diferente... a gente percebe que... o que acontece aqui:: é que ... aumenta um pouquinho diminui um pouquinho... num tem uma re-gu-la-ri-da-de... que eu pudesse falar... olha:: <u>isso tá acontecendo assim... ou isso tá acontecendo assim...</u> ((47')) né... ela tem todo jeito de uma reta... só que n/dá... PRE-CI-SA-MEN-TE uma reta... 22. A17: como é que fica aqui... | Desenha  Desenha  | |

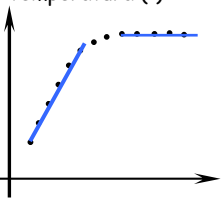
A solução do impasse encontrada pela professora – exercendo um papel de “coordenadora” do “grupo de pesquisa” – é mostrar que a reta (que carrega os significados *topológicos especializados*) é a melhor opção para o que está disposto no plano cartesiano da lousa (turno 21) – fato comum em matemática (demonstrar algo pelo que não é), por isso, as dúvidas dos alunos, ou seja, eles não visualizavam como uma reta poderia se ajustar a pontos desalinhados. Ainda nesse turno, os desenhos usados por P dão o respaldo *especializado* necessário a sua fala, trazendo uma impressão visual de como seria se o aquecimento não fosse linear, ou um significado *topológico*, pois esse aumento não estava claro para os alunos até esse momento (nos próximos diálogos, verificamos que a idéia de um aumento linear foi aceita pela turma). Nesse momento, inicia-se uma explicação do porquê dos pontos não se enquadrarem em uma reta precisa.

Em toda cena, P chama atenção para as características *topológicas* do fenômeno em estudo através da utilização de gestos e desenhos, tornando, assim, explícitos os significados matemáticos em questão, ou seja, a forma linear com que a temperatura da água aumenta. Com isso, começa a ser construída uma ligação entre o fenômeno e o gráfico de forma aproximada a que Roth (2003) observou nos cientistas.

Cena 2a – Discussão sobre imprecisões

Depois de identificado o tipo de curva, iniciou-se uma discussão sobre o que causou as flutuações nas medidas, fazendo com que não se conseguisse uma reta

perfeita. Discutir as imprecisões nas medidas e, ao mesmo tempo, interpretar o fenômeno a partir do recurso da linguagem matemática disponível faz parte da cultura científica.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|--|-------------------------------|
| 23. P: por que será... que não dá uma reta exata? 24. A17: porque a temperatura... é:::... variada? 25. P: como variada? 26. A17: ah::... num tem::... é:::... ela num segue... <u>os números certinhos...</u> ela... ela... pula de um número pra outro... 27. A22: ela sobe e desce... | Gráfico na lousa com pontos marcados conforme a professora observou nos trabalhos dos alunos  | <u>Simula reta horizontal</u> |

P, no turno 23, requer uma explicação mais completa do porquê dos pontos não formarem uma reta perfeita e mantém o foco nos significados *topológicos* e na ligação entre gráfico e fenômeno. A17 esboça uma explicação com base nas suas observações (T.24), porém P, no turno 25, insiste em estimular uma explicação mais rigorosa (“como variada?”), novamente enfatizando os significados *topológicos*.

Nos dois turnos seguintes, A17 e A22 continuam a explicação com base em suas observações, sendo que o primeiro usa um gesto *especializado* para amparar sua fala, que não é tão boa para expressar a natureza dos significados que ele deseja passar (*topológicos*): “ela num segue... os números certinhos... ela... ela... pula de um número pra outro...”. Essa atitude de A17 mostra como o fenômeno começa a ficar transparente no gráfico para ele, pois o mesmo associa as mudanças de temperatura às mudanças nos pontos do gráfico.

No turno seguinte, a fala de A22 evidencia que ele também começa a associar as mudanças de temperatura à mudança nos pontos do gráfico, na medida em que completa/*especializa* o significado (*topológico*) da fala do seu colega.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|-------------------------|---------------|
| <p>((P está em frente à turma, de costas para a lousa))</p> <p>28. P: mas por que... que ... ela sobe e desce... será:: que... se a gente conseguisse condições melhores de trabalho... ((comentários de alunos)) mais reta...((comentários de alunos)) que será... que será que... pode ter influenciado... a nossa medida... pra num ficar uma reta bonitinha... se tem toda a cara de que aquilo devia ser uma reta? ((alunos fazem comentários relacionados à discussão e há também conversa))</p> | Gráfico | |

As explicações dadas pelos alunos ainda estão longe da científica, por isso P novamente convida seus alunos a elaborarem uma explicação mais completa (T.28), valorizando a fala de A22 – “mas por que... que... ela sobe e desce...” – criando um ambiente participativo e, ao mesmo tempo, fixando a idéia de que os pontos devem ser aproximados a uma reta: “... que será que... pode ter influenciado... a nossa medida... pra num ficar uma reta bonitinha...”. Portanto, ela continua a chamar atenção para os significados *topológicos* em questão, os quais dão condições de visualizar o fenômeno no gráfico.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|-------------------------|---------------|
| <p>32. P: ((48'30")) que que a gente... que que a gente pode ter... ahn... facilitado... ou ajudado um pouquinho... a que num ficasse tudo alinhadinho? ((2")) será que... na hora de olhar o termômetro...</p> <p>33. A17: não...</p> <p>34. P: a gente teve precisão...o suficiente na leitura?</p> <p>35. A22: é::</p> <p>36. A?: não...</p> <p>37. P: será que num deu umas aproximadas na hora de ver o termômetro</p> <p>38. A4: não... a gente não ...</p> <p>39. A17: a gente leu exatamente... (onde estava)...</p> | | |

Ao repetir a mesma pergunta, P retoma seu raciocínio iniciado no turno 28, mostrando, mais uma vez, qual o foco que ela deseja manter: os significados *topológicos* (“que que a gente pode ter... ahn... facilitado... ou ajudado um pouquinho... a que num ficasse tudo alinhadinho?”). Além disso, ela acrescenta mais um elemento à discussão (o termômetro) com o objetivo de discutir possíveis imprecisões nas medidas (T.34 e T.37).

Nos turnos subsequentes (T.33, T.35, T.38 e T39), os alunos recusam-se a falar sobre as imprecisões, provavelmente, por considerá-las um erro.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|------------------|--------|
| <p>40. A5: ((49')) professora eu acho que o que tá errado é a ()</p> <p>41. P: a física trabalha em cima de dados da realidade e a gente vai ver a posição teórica</p> <p>42. A4: por isso que não existe explicação pra isso professora ...</p> <p>43. P: lógico que existe explicação ... por que os nossos pontos num ficaram exatamente alinhados?... será que na hora de falar que 'já' no tempo... ((há muita conversa na sala e P chama atenção)) será:... ahn... a hora da leitura cês tão garantindo que foi perfeito...</p> <p>44. A17: foi ...</p> <p>45. P: ninguém mudou de posição na hora de tirar o termômetro? o termômetro não mudou... porque a gente tinha combinado que não ia MUDAR... então acredito que ninguém ficou mexendo o termômetro dentro d'água... se alguém mexeu... isso pode ter influenciado...agora... será que a posição DA PESSOA ler ... que mudou?</p> <p>46. A4: claro ... ((50')) ((bate o sinal e a professora interrompe a aula / intervalo de 5' / alunos demoram para voltar e há muita agitação na sala ~8'))</p> | | |

Em resposta à afirmação de A5 no turno 40, P – a representante da cultura científica – diz que a posição teórica da Física vai explicar essas diferenças (T.41 e T43). Nesse último turno, ela ainda questiona seus alunos sobre as possíveis imprecisões nos procedimentos de medida: “a hora da leitura cês tão garantindo que foi perfeito...”. E A17 continua a negar medidas imprecisas: “foi...”.

A professora insiste nessa discussão tentando fazer com que o fenômeno transpareça nas medidas e chamando atenção para os significados *topológicos*, inserindo questionamentos nos seus comentários: “ninguém mudou de posição na hora de tirar o termômetro? porque a gente tinha combinado que não ia MUDAR... então acredito que ninguém ficou mexendo o termômetro dentro d'água... se alguém mexeu... isso pode ter influenciado...agora... será que a posição DA PESSOA ler ... que mudou?”. A4 diz que sim, mas o sinal toca e os estudantes saem para o intervalo de 5 minutos. Vale lembrar que se trata de uma aula dupla; assim, a cena continuou depois desse período.

Durante toda a cena, o gráfico na lousa serviu de suporte para o tema da discussão (“por que as medidas não deram uma reta perfeita?”), possibilitando uma impressão visual/topológica do fenômeno.

Cena 2b – Discussão sobre imprecisões (continuação depois do intervalo)

Após o intervalo, a professora retoma a discussão sobre o que influenciou as medidas do aquecimento da água.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|-----------------------|---|
| <p>1. P: ((grande agitação na sala, professora procura retomar o tema na volta do intervalo, ela estava em pé de frente para a turma, no meio da classe segurando um termômetro)) ((63'18'')) primeira coisa ... teve gente que arredondou e não tá querendo falar isso ... <u>cê tem o tracinho do termômetro aqui ... se o mercúrio tava - - vamos considerar esta marca 74 - - se o mercúrio tava QUASE no 74</u> ... mas não era exatamente 74 ... falou que era ((64')) ... isso muitas vezes acontece ... a diferença sendo pequenininha a gente arredonda pra cima...</p> | <p>Desenha</p> | <p><u>Aponta</u> <u>desenho na</u> <u>lousa</u></p> |

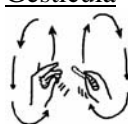
Os alunos não assumiram que arredondaram as medidas; percebendo o receio deles em errar, P retoma a discussão mostrando que isso é normal (T.1) e utiliza, concomitantemente, a sua fala e um desenho com significado *especializado* para expressar essa idéia de uma forma visual (*topológica*), que é mais eficiente do que a linguagem oral, além de servir de pano de fundo para as explicações posteriores. É importante notar que esse significado *especializado/topológico* também está contido no gráfico da lousa, ou seja, são as variações nos pontos que não dão uma reta precisa. Dessa maneira, começa-se a construir uma relação direta entre gráfico e fenômeno, tal como a descrita por Roth (2003), ao relacionar incerteza na medida com flutuação dos pontos obtidos a partir das medidas.

Na seqüência, a professora mostra outra forma de imprecisão comum nas medidas que envolvem mais de uma pessoa: a sincronia (T.2). Sua fala é complementada corretamente por A12 no turno seguinte, mostrando seu envolvimento.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|------------------|--------|
| 2. P: outro problema que pode ter acontecido ... nós temos um problema de sincronia ... um tava vendo o relógio ... o outro tava vendo o termômetro ... então ... entre o cara falar “já” e o outro ler ... 3. A12: e o outro escrever... 4. A?: é imprecisão ... né 5. P (a): pode ter dado uma diferencinha ... é uma IMPRECISÃO ... não é um ERRO ... ((<i>estudantes comentam ~9</i> ’)) 6. P (b): cês sabem que tem uma coisa chamada TEMPO de reação? 7. A: ahn 8. P: tem uma coisa ... nosso organismo humano é limitado ... a gente gasta algum TEMPO pra reagir ... entre o de você ver e você for tomar alguma atitude leva sempre algum tempo ... mesmo que seja pequeno ... ((<i>estudantes comentam enquanto P está falando</i>)) | | |

No turno 4, um aluno usa o termo correto da Ciência para explicitar esse fenômeno: imprecisão. P aproveita essa fala para mostrar que isso é diferente de erro, evidenciando como as ações dos alunos podem afetar as medidas, influenciando, assim, os aspectos *topológicos* do gráfico.


Nos turnos seguintes, ela explica como o tempo de reação humana pode interferir na imprecisão. Depois, P procura enfatizar como o próprio o processo de aquecimento pode interferir na medida.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|------------------|--|
| 9. P: ((65’)) outra coisa ... como é que a água esquentar? 10. Alunos: no fogo ... 11. P: que PROCESSO que ela esquentar? 12. A24: as moléculas se agitam ... 13. P: ahn... 14. A24: as moléculas se agitam ... 15. P: as moléculas se agitam ... 16. A1: então ... as quentes vão pra cima ... 17. P: <u>ai ... sobem as que tão mais quentes ... descem as que estão mais frias ... a água toda tá com a mesma temperatura ao mesmo tempo?</u> 18. As: não ... | | Gesticula  |

No turno 9, P continua a discussão sobre o que pode ter influenciado a medida com a pergunta: “... como é que a água esquentar?”. Isso contribui para retomar a atividade criando um contexto para a discussão e para centrar-se no *fenômeno* durante a

interpretação do gráfico. Com o objetivo de obter uma resposta mais precisa do que a do turno 10, ela enfatiza a *topologia* do processo de aquecimento (T.11). Assim, A24 e A1 complementam respectivamente: “as moléculas se agitam...” (T.14) e “então... as quentes vão pra cima...” (T.16). Esses alunos já haviam estudado o modelo cinético dos gases e convecção; dessa forma, puderam usar seus conhecimentos para atender a demanda de P.

P continua a valorizar as respostas dos alunos (T.15 e T.17), criando um espaço para participação, revisando o que foi falado e, ao mesmo tempo, focando as atenções em como os aspectos topológicos do fenômeno são transcritos no gráfico. No último turno, ela utiliza um gesto *especializado* para expressar o fenômeno de convecção, o que traz um significado adicional a sua fala, pois mostra como a posição das moléculas da água varia no espaço, possibilitando um melhor entendimento dos alunos (T.18) e articulando, assim, os significados *tipológicos* (a fala) com os *topológicos* (o gesto), que é uma característica dos significados matemáticos, ainda não formalizados. Ela insiste nesse ponto da discussão.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|-------------------|--|
| 19. P: não... pode ter acontecido de o termômetro ter recebido água ... uma hora um pouco mais quente ... outra hora um pouco mais fria... por causa da convecção? 20. A4: claro ... 21. A7: pode ... 22. A: é:::.... 23. P: a diferença seria grande? 24. As: não... 25. A: sim ... 26. P: <i>a diferença que a gente tem aqui é grande?...não...</i> 27. S: num falei? | Termômetro | Gesticula  <i>Aponta gráfico na lousa e faz gesto de negação com a mão</i> |

Para ilustrar as idéias em questão, P mostra o termômetro e faz um gesto que deixa claro espacialmente como a água mais ou menos quente pode ter entrado em contato com o bulbo de forma a dar diferenças na medida (T.18), remetendo-se ao fenômeno estudado anteriormente (convecção) através de uma pergunta. Nesse caso, também há uma *especialização* dos gestos, articulando os significados *tipológicos* da fala (água quente ou fria) com os *topológicos*, que mostram de qual maneira a água se movimenta dentro do frasco. Ela obtém um *feedback* de seus alunos (T.20, T.21 e T.22), o que evidencia um envolvimento dos mesmos. Quanto à diferença ser grande ou não, P

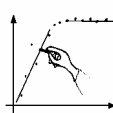
recorre ao gráfico na lousa, mostrando que as diferenças nos pontos são pequenas (resultado experimental) – novamente, o gráfico, como recurso visual, é mais eficiente para destacar os significados *topológicos* em questão, possibilitando uma impressão mais clara dos conteúdos que estão sendo explicados e, também, trazendo um significado adicional ou *especializado* a sua fala.

É importante destacar que, ao insistir nessa discussão, P cria um contexto para que os alunos possam ver quais fenômenos interferem nas medidas e, portanto, nos pontos do gráfico. Com isso, são enfatizados os significados *topológicos* dessa linguagem *especializada* e é criado um ambiente em que pode ser construído um *link* entre gráfico e fenômeno.

Como no segmento anterior, P continua a fazer uma ligação entre os fenômenos e os pontos no gráfico, mostrando que este é uma forma de representação dos primeiros.

Cena 3 - Definição de Desvio Experimental e Reta Média

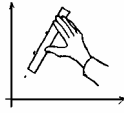
Nessa cena, que se iniciou imediatamente após a discussão precedente, a professora introduz dois conceitos para interpretar o fenômeno a partir da linguagem gráfica: *desvio experimental e reta média*.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|---|--|
| <p>28. P: então... tem fatores que interferem ... não são o que a gente poderia chamar de um erro ((66')) - - <u>um erro seria você estar aqui marcando setenta e quatro e você dizer que era CINQUENTA e quatro ... né ... então ((alunos comentam)) aí é um erro ... mas aí aparece rapidinho no gráfico... porque o ponto vai estar <i>fora de lugar</i> ... MUITO longe ... aí cê fala 'êpa ... aconteceu algo estranho ... por que que só esse ponto tá sozinho nesse ponto' ... né ... OU ... só o ponto que tá aqui embaixo ... né - - como é que o tempo passou e não aumentou a temperatura? - - então essas pequenas coisas a gente chama de <u>DESVIO EXPERIMENTAL</u>...</u></p> <p>29. A: professora ... o que é esse desvio experimental?</p> <p>30. A: o que é esse desvio experimental?</p> | <p><i>Desenha ponto discrepante</i></p>  <p>Desenha outro ponto discrepante no gráfico</p> <p><u>Escreve no quadro</u></p> | <p><u>Aponta escala desenhada na lousa</u></p> <p>Aponta gráfico na lousa</p> |

Nesse momento, P revisa o que foi discutido até então a fim de introduzir um conceito novo no final do T.28. Para debater o que é erro ou imprecisão, sua fala é apoiada de forma *especializada* pela escala indicada no gráfico, que melhor representa as variações do fenômeno de aquecimento da água. Ela ainda usa o gráfico e mostra no

mesmo como ficariam discrepantes medidas realmente erradas; sendo assim, essa linguagem ajuda a construir significados *topológicos*, que seriam difíceis de formar somente com o discurso oral, relativos a flutuações nas medidas. Com isso, ela pôde definir desvio experimental, havendo *cooperação* entre fala e escrita para dar ênfase a esse conceito. Como alguns alunos não compreenderam bem (T.29 e T.30), P detém-se, no turno seguinte, em uma exposição mais detalhada sobre o tema.

É importante destacar que, ao definir desvio experimental, P sistematiza a tradução da linguagem natural/fenomenológica em linguagem gráfica (que posteriormente pode ser traduzida em linguagem algébrica), mostrando como cada fator influencia nas medidas e, conseqüentemente, na linguagem gráfica. Isso está de acordo com o que Klüsener (1998) mostra ser necessário na aprendizagem da matemática.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|--|---------------------------|
| <p>31. P: este desvio experimental são aquelas pequenas diferenças que acontecem quando a gente faz uma medida... é impossível acabar com todos desvios... tá ... a gente sempre interfere de algum jeito ... sempre vai dar uma diferencinha ... então ... o que a física vai fazer? ((67')) ... vai estudar a regularidade ... SE FOSSE sem desvio teria uma reta <u>aqui</u>... então ... nós vamos SUPOR como seria essa reta se não houvesse desvio ... por isso eu falei que não era pra unir os pontos ... nós vamos traçar uma coisa que a gente chama em experiência de RETA MÉDIA ... nós vamos traçar aqui meio:: na observação ... sem fazer o processo que existe pra fazer uma reta ... que é mais perfeito ... é estatístico ... mas envolve cálculos complicados e tal - - infelizmente a gente não tem - - mas se tivesse um computador ... o computador ajusta a reta direitinho ... põe a melhor reta pra gente ... né ... é que a gente não tem computador pra todo mundo ((alunos comentam)) ... ((68'14)) nós vamos traçar essa reta média ... como que a gente vai traçar? Olhando pr/os pontos ... e <u>tentando colocar a régua sobre os pontos</u> ... pegando de preferência o lado que não está escrito da régua - - pra gente poder enxergar o que tá passando do outro lado - - e <i>vamos tentar colocar a régua aqui em cima</i> ... tentando seguir dois critérios ... <u>número de pontos</u> ... se a gente conseguir deixar dois pra cima da reta ... dois pra baixo ((69'))</p> | <p><u>Reforça reta no gráfico desenhado na lousa</u></p> <p>Escreve na lousa</p> <p>Mostra escala da régua de um aluno <i>Põe régua sobre gráfico</i></p>  <p><u>Escreve na lousa</u></p> | <p><u>Simula reta</u></p> |

A linguagem oral é usada inicialmente para esclarecer aos alunos o que é esse desvio experimental, mas no decorrer da discussão, P utiliza o gráfico para explicar a posição teórica da Física, dando uma impressão visual-*topológica* do novo conceito

introduzido (reta média), que, por sua vez, é escrito na lousa para dar sentido às explicações que vieram sendo construídas. Assim, no primeiro caso, o desenho (reta) *especializa* o significado de forma *topológica*, ou seja, como é ajustada espacialmente essa reta e, no segundo, a linguagem escrita *coopera* com a fala para enfatizar o termo científico em uso (reta média).

P explica, ainda, que a reta será ajustada manualmente e estabelece os critérios para traçar a reta média (tal como é feito na Ciência). Para isso, ela usa, simultaneamente, a linguagem oral, gestos (simula uma reta e mostra a escala da régua) e ações (coloca a régua sobre o gráfico) que *especializam* os significados científicos construídos, mostrando espacialmente, ou melhor, de forma *topológica* como ajustar a reta que representa o aquecimento da água, além de usar a escrita (escreve na lousa reta média) que *coopera* com a fala para a fixação do termo científico. Logo, os significados e os recursos matemáticos (gráfico) aparecem para dar precisão às observações, trazendo uma visão mais clara do fenômeno no gráfico.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|---|---|
| 32. A.: como? 33. P: tentando ... se não der ... a gente pode deixar - - por exemplo - - um mais longe ... que vai equilibrar com dois mais pertinho 34. A: tá ... 35. P: nós vamos tentar traçar uma reta MÉDIA... 36. A: sim... 37. P: tá ... então ela vai estar ... ela num vai ter que passar pelos pontos ... não vai dar pra passar ... <u>mas a gente vai tentar acertar a posição da régua pra achar uma reta ... aqui em cima tá mais fácil ... né ... as diferenças são muito pequenas ... então pra você traçar a reta cê vai conseguir facilmente traçar a reta daqui ...</u> e onde seria a curva deixa só os pontinhos da curva lá e não mexe ... nós vamos ter um gráfico assim ... uma reta aqui e outra reta lá ... eu vou ajudar a traçar ((69'40'')) ((vai até carteiras dos alunos tirar dúvidas durante aproximadamente 18'20'')). | Desenha ponto no gráfico Parte superior do gráfico Lousa | <u>Move a régua com as mãos, mostrando diferentes inclinações</u> <u>Reforça pontos do gráfico e a reta horizontal</u> |

No turno 33, a professora reforça a explicação com as características *topológicas* da linguagem gráfica ao atender a solicitação de um aluno no turno anterior: “tentando... se não der... a gente pode deixar - - por exemplo - - um mais longe... que vai equilibrar com dois mais pertinho:” – novamente, ela desenha um ponto discrepante no gráfico, que carrega o significado *visual/topológico* com o qual sua fala não pode dar precisamente, *especializando* seu significado. Voltando à explicação (T.35), P ressalta

que todos vão traçar a reta média, demonstrando o compromisso, assumido por um estudante no turno seguinte, de todos com a atividade.

Antes dos alunos começarem a traçar suas retas, P dá as últimas instruções (T.37). Ela usa a régua para mostrar as diferentes inclinações possíveis, o que traz um significado *topológico especializado*. A professora também usa o gráfico para apontar onde é mais fácil traçar as retas, pois ele dá uma impressão visual do fenômeno que, apenas com uma tabela ou a linguagem verbal, seria praticamente impossível de se imaginar sem experiência prévia; dessa maneira, outra vez o gráfico *especializa* os significados *topológicos* em questão. Finalizando, P mostra como deve ficar o gráfico apontando para lousa e vai até as carteiras dos alunos para ajudá-los a traçar suas retas.

Novamente, é importante o papel das explicações de P ao fazer uma “ponte” entre os resultados do gráfico e os fenômenos, tornando explícitas as causas das imprecisões e possibilitando que o gráfico se torne transparente ao olhar dos alunos.

Segue um resumo desse evento com suas respectivas cenas e algumas conclusões:

Resumo do Episódio 1 – Análise do Gráfico T x t – Tabela referente ao evento 1.4

| Evento 1.4 | Cooperação | | Especialização | |
|--|--|-------------------|-----------------------|--|
| | <i>Tipológico</i> | <i>Topológico</i> | <i>Tipológico</i> | <i>Topológico</i> |
| <i>1 – Identificação da Curva</i> | | P gesticula (T.8) | | P desenha curva do gráfico (T.1) P desenha retas no gráfico (T.8) P desenha curvas improváveis (T.21) |
| <i>2a e 2b – Discussão sobre Imprecisões</i> | | | | A17 simula uma reta (T.26a) A22 completa a fala de A17 (T.27a) P desenha termômetro (T.1b) P gesticula convecção (T.17b) P mostra, com as mãos e o termômetro, o movimento da água (T.19b) P mostra as diferentes magnitudes no gráfico (T.26b) |
| <i>3 – Definição de Desvio Experimental e Reta Média</i> | P escreve desvio experimental na lousa (T.28) P escreve desvio experimental e reta média (T.31) | | | P desenha pontos discrepantes no gráfico (T.28) P usa gesto, régua e gráfico para definir reta média e como traçá-la (T.31) P desenha ponto discrepante (T.33) P usa régua, gesto e gráfico para mostrar as inclinações possíveis (T.37) |

Tabela 4.1.2. – Evento 1.4.: análise do gráfico T x t

Como é observado na análise, as diversas linguagens são importantes na construção dos significados sobre o aquecimento da água e sobre as incertezas na medida. Os gestos, desenhos e objetos usados possibilitam articular as características *tipológicas* (quente e frio) usadas para descrever o fenômeno com a *topologia* da natureza (movimentação das moléculas de água no espaço).

Na passagem da tabela para o gráfico dos dados extraídos pelos alunos, a *especialização* das linguagens mostrou-se necessária uma vez que os significados *topológicos* precisavam ser construídos, pois a primeira forma de representação (tabela) não deu conta de explicar as relações entre as variáveis usadas para interpretar o fenômeno. Essa limitação também ficou explícita no trabalho de Capecchi (2004), no qual a autora analisou a discussão sobre essa tabela, e ficou clara a carência de informações desse recurso para observar como a temperatura da água varia em função das diferentes condições de experimentação.

Portanto, houve todo um trabalho em que a professora construiu uma tradução entre o fenômeno e os dados da tabela transformados no gráfico assim como Klüsener (1998) mostra ser importante para a aprendizagem da matemática. Isso pode ser observado na última coluna da tabela anterior, ou seja, as diversas linguagens representativas dos significados *topológicos* (gestos, representações visuais e gráfico) foram integradas à fala para *especializar* seus significados, mostrando como varia o aquecimento da água e como isso pode ser lido no gráfico.

Dessa forma, os poucos momentos de *cooperação* das linguagens ocorreram para enfatizar a forma topológica da reta (ascendente) e, principalmente, para fixar os novos termos científicos desenvolvidos (desvio experimental e reta média).

O gráfico foi usado em todo o episódio para organizar/sistematizar as observações em torno de suas características (*topológicas*), foi empregado por todos que participaram da discussão para sustentar suas asserções sobre o que aconteceu durante o aquecimento da água como pode ser observado na fala do aluno 22 na cena 2a no turno 27: “ela sobe e desce...”, que também remete à forma como água aquece ou à *topologia* do fenômeno. Além disso, apoiado no conhecimento desenvolvido em outras aulas (convecção), nas quais alguns alunos acompanharam o raciocínio da professora (T.20, T.21 e T.22 da cena 2b); foi usado para indicar como ocorre o aquecimento.

As constantes perguntas da professora mantiveram as atenções nas características *topológicas* do fenômeno: “que será que... pode ter influenciado... a nossa medida... pra num ficar uma reta bonitinha... se tem toda a cara de que aquilo devia ser uma reta?”, “outra coisa... como é que a água esquenta?” etc.

Conseqüentemente, durante todo o evento, foi importante o trabalho que a professora desenvolveu para chamar a atenção dos estudantes para as características *topológicas* relevantes ao aquecimento da água, mostrando como elas apareciam no recurso matemático que estava sendo construído (o gráfico) e criando condições para que o fenômeno transparecesse no gráfico tal como os cientistas fizeram no trabalho de Roth (2003).

Isso foi feito de duas formas: primeiro, pontuando o que era importante olhar (termômetro, diferenças, pontos não formam uma reta precisa etc) e, em segundo, convidando os alunos a participarem (“que que a gente pode ter... ahn... facilitado... ou ajudado um pouquinho... a que num ficasse tudo alinhadinho?”), “a gente teve precisão...o suficiente na leitura”, etc); além de valorizar a fala deles (“pode ter dado uma diferencinha ... é uma IMPRECISÃO ... não é um ERRO ...”, “as moléculas se agitam ...”, etc) e, ao mesmo tempo, direcionar a conversa para os aspectos importantes dos significados *topológicos*: “mas porque... que ... ela sobe e desce... será::: que... se a gente conseguisse condições melhores de trabalho...”. Dessa forma, foi estabelecido um ambiente participativo, no qual os estudantes poderiam contribuir dentro dos limites estabelecidos pela professora, ou seja, construindo os significados *topológicos*.

Em suma, a professora, em todo o evento 4, faz uma tradução dos resultados obtidos com a linguagem gráfica e a fenomenológica, explicitando como a primeira remete à última e promovendo uma percepção geométrica da situação de estudo com o auxílio dos recursos *topológicos* das diferentes linguagens usadas. Esse é o primeiro passo para a tradução da linguagem natural (oral, escrita e visual) para a matemática, como é visto no trabalho de Klüsener (1998) e dá condições para que os estudantes possam olhar o gráfico da mesma forma que os cientistas que Roth (2003) estudou olhavam, ou seja, como se o fenômeno transparecesse no gráfico.

4.1.2 Evento 1.6 - Procurando um jeito matemático de analisar os dados

No evento 5, P inicia uma revisão sobre funções de primeiro grau em meio a grande conversa na sala de aula. Esse evento cria condições para a ocorrência do próximo; assim, ele é descrito brevemente para introduzir o evento 6.

P escreve a função do primeiro grau e pede aos alunos para que a ajudem a construir um gráfico; nesse período, há bastante espaço para a participação dos alunos,

mas eles estão tão distantes do tema que P sugere a construção de uma tabela. Então, ela pede para os estudantes pegarem os cadernos de matemática e constrói, na lousa, uma tabela com valores de x sugeridos por eles. Em seguida, ela coloca no gráfico os pontos (x, y) obtidos ((de 88'10" a 99'50")). A partir daí, inicia-se o evento 6, que não precisou ser decomposto em cenas por apresentar somente um aspecto da cultura científica, em que a matemática começa a ser usada para estruturar as interpretações do fenômeno em estudo (Robilotta,1988; Pietrocola, 2002).

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|---|--------|
| 1. P: ((99'50")) que que a gente fez aqui? 2. A: nada ... 3. P: tinha uma função - - cês chamam de equação ... mas é uma função - - <u>da função eu fiz uma tabela ... da tabela eu fiz o gráfico</u> ... que que a gente fez no laboratório? a gente partiu PARTIU da tabela e fez o gráfico ... será que dá pra gente achar ... <u>do gráfico a função?</u> 4. A: () 5. As: não... 6. A17: dá sim ... 7. As: dá ((100")) ... 8. A17: por incrível que pareça dá ... 9. P: por incrível que pareça dá ... ((há grande agitação na sala)) ... 10. A14: professora ... então vai em função da temperatura... 11. P: se a gente achar ... 12. A14: matemática não é com eles ... | Desenha uma flecha na lousa, apontando para a função <u>Faz uma flecha ligando a função à tabela</u> <i>Faz flecha ligando tabela ao gráfico</i> Faz flecha da tabela para o gráfico <u>Faz flecha do gráfico para função</u> | |

Depois de fazer uma revisão sobre funções, a professora retoma a atividade de laboratório (T.1). Ela chama atenção para o gráfico do aquecimento da água e pergunta se é possível extrair uma função matemática dele. Nesse segmento, a linguagem oral é apoiada *cooperativamente* pela visual, ou seja, P indica com uma flecha na lousa o que é cada termo científico que ela usa.

A17 atende a demanda de P nos turnos 6 e 8. P aproveita a fala de A17 no turno 9 – criando um ambiente participativo – para mostrar que é possível extrair uma equação do gráfico. A14 mostra estar acompanhando o raciocínio da aula ao dizer que o gráfico está em função da temperatura (T.10). Na sua fala, está implícita a natureza *topológica* do fenômeno, pois ele refere-se a uma forma de variação quantitativa.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|--------|
| <p>13. P: se a gente achar - - <u>aqui</u> a gente tem uma função $y = x$ que é só número matemático - - ((A: <i>é só número</i>)) agora... no NOSSO caso ... se eu achar uma função ... eu vou estar relacionando temperatura com o quê?</p> <p>14. A14: tempo...</p> <p>15. P: que TEMPO é esse?</p> <p>16. A14: de aquecimento...</p> <p>17. A4: _____ de aquecimento...</p> <p>18. P: corresponde a QUANTO de energia eu forneci pra aquele material ((101'))... então eu vou achar um jeito matemático de relacionar temperatura com o tempo ... o que a gente falou em palavras - - quanto mais massa aquece mais devagar ... quanto mais energia eu fornecer ... eu aqueço mais rápido - - eu vou traduzir isso numa forma numérica ... ((<i>4 minutos finais não são suficientes para próxima etapa, P acaba aula mais cedo</i>))</p> | <p><u>Lousa</u></p> <p>Desenha um plano cartesiano na lousa</p> | |

No turno 13, a professora volta a chamar atenção para o gráfico obtido com os dados do trabalho experimental. Ela usa o desenho de um plano cartesiano para mostrar visualmente, de forma *especializada*, como ocorre a relação (*topológica*) entre as variáveis, fazendo isso em tom questionador. Esse desenho serve como base para as discussões. A14, nos turnos seguintes (T.14 e T.16), responde corretamente as perguntas de P (T.13 e T.15), mostrando seu entendimento.

P complementa a fala de A14, mostrando que, na verdade, o tempo de aquecimento corresponde à energia fornecida ao material (T.18). Ela também enfatiza que encontrarão uma forma quantitativa de relacionar as duas variáveis envolvidas. Como não havia mais tempo, essa análise quantitativa dos dados ficou para a aula seguinte. Abaixo, mostramos uma tabela que resume o evento 6, seguida de conclusões sobre o mesmo:

Resumo do Episódio 1 – Tabela referente ao evento 1.6

| Evento 1.6 | Cooperação | | Especialização | |
|--|------------|--|----------------|--------------------------------------|
| | Tipológico | Topológico | Tipológico | Topológico |
| <i>Procurando um jeito Matemático de Analisar os Dados</i> | | <p>P desenha flechas para mostrar os passos desenvolvidos (T.3)</p> <p>P faz gesto para mostrar uma função (T.13)</p> | | P desenha um plano cartesiano (T.13) |

Tabela 4.1.3. – Evento 1.6.: procurando um jeito matemático de analisar os dados

Esse evento, de menor duração, é uma introdução ao próximo episódio, quando o gráfico é transformado em uma função.

Para tal fim, a professora enfatiza alguns pontos dos aspectos *topológicos* da linguagem matemática que já foram vistos pela classe e que serão importantes para a construção dessas funções na Física, por isso, a predominância da *cooperação* das linguagens.

Os desenhos (flechas) usados *cooperativamente* têm um significado *topológico* fora da Física, ou melhor, eles servem apenas para mostrar espacialmente na lousa os diferentes recursos matemáticos (enfatizando os mesmos) usados para interpretar o fenômeno.

4.2 Episódio 2 – Transformando o gráfico em função (Aula 8 – 14/06/00)

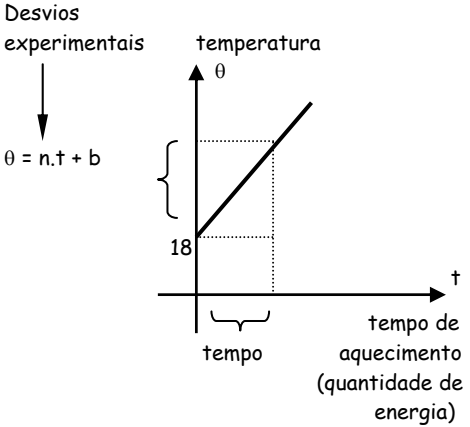
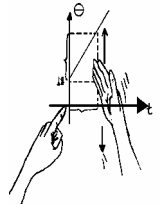
| Evento | Descrição | Início (t) |
|---|--|------------|
| E1 - Início da aula / organização de diário e chamada | P faz chamada e organiza trabalhos de alunos. | 0' |
| E2 – Revisão de matemática | P revisa como obter uma função de primeiro grau a partir de um gráfico, demonstrando a obtenção dos coeficientes angular e linear. | 14' |
| E3 – Obtendo funções a partir de dados experimentais | P apresenta um gráfico de temperatura em função do tempo e explica para alunos como obter uma função de seus dados experimentais. P passa um roteiro na lousa, que deve ser preenchido com resultados obtidos experimentalmente pelos alunos. | 39' |
| Intervalo | Durante o intervalo de 5 minutos, os alunos têm a liberdade de sair da sala para ir ao banheiro ou tomar água. Muitos permanecem na sala, dando continuidade às atividades iniciadas na aula anterior. | 50' |
| E3 – Continuação do evento 3 | | 55' |
| E4 – Análise dos resultados obtidos pelos grupos | A professora, junto com os alunos, testam as hipóteses a partir das equações dos grupos e tiram as conclusões do trabalho. | 79' |
| E5 – Relatório | P apresenta um roteiro para a confecção do relatório sobre todas as aulas dedicadas à atividade de laboratório aberto | 91' |
| Fim da aula | P dispensa alunos dois minutos antes do sinal | 103' |

Tabela 4.2. – Resumo do episódio 2

Consideramos, para análise, os eventos 3 e 4 por estarem diretamente relacionados aos aspectos matemáticos da Física.

4.2.1 Evento 2.3 – Obtendo funções a partir de dados experimentais

Esse evento iniciou-se logo após uma revisão sobre como construir funções a partir de um gráfico, durante a qual a professora explicou como obter os coeficientes angular e linear deste, usando, também, recursos topológicos e tipológicos da linguagem algébrica e relacionando-os com os da linguagem gráfica. Feito isso, ela começou a ligar os conhecimentos matemáticos com os físicos, iniciando uma estruturação matemática dos conceitos científicos:

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|---|
| <p>1. P: ((39')) se eu verificar quanto que aumentou o meu y na unidade... em cada t ... de cada x ... eu acho a <u>inclinação</u> ... então ... nós vamos fazer o seguinte ... nós vamos -- agora a gente só vai olhar para nossa reta ... tá ... depois que a gente fez o gráfico usando os pontos do laboratório e achamos que aquela reta era a melhor ... agora é ela que tá valendo -- então a gente vai descobrir onde <i>ela bate no eixo da temperatura</i> ... e depois vem aqui no um minuto ... Segue a linha de um minuto até encontrar a reta e vê que número que ela bate aqui [eixo y] ... depois a gente vê Quanto aumentou e este valor vem pra cá ... eu vou escrever um roteirinho ((40'))</p> | <p>Lousa:</p>  <p>Desvios experimentais $\theta = n.t + b$</p> <p>temperatura θ</p> <p>18</p> <p>t tempo de aquecimento (quantidade de energia)</p> | <p>Indica eixo do tempo</p> <p><u>Indica coeficiente angular na equação genérica</u></p> <p>Reforça reta do gráfico</p> <p><i>Sobre a lousa</i></p>  <p>Indica o coeficiente linear da função</p> |

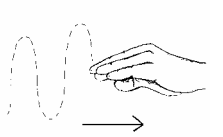
No turno 1, a professora relaciona os saberes matemáticos sobre gráfico e funções com a experiência realizada de aquecimento da água. Ela usa esses modelos para estruturar os conhecimentos construídos ao longo das últimas aulas tal como ocorre na Ciência (Robilotta, 1988; Pietrocola, 2002).

Ela usa um gesto que *coopera* com a fala para indicar onde se deve olhar os intervalos de variação no gráfico para encontrar a inclinação da reta; tendo, assim, um significado *topológico*. P ainda destaca que essa inclinação é o número que multiplica a variável na equação; para tal fim, ela aponta esse número, o que adiciona um significado extra à inclinação (*especializando-a*), ou seja, ela está relacionada a um número, o coeficiente angular.

Restabelecendo um compromisso com a atividade, a professora destaca que todos devem achar sua própria equação a partir da reta média traçada na aula anterior. Essa atitude é amparada *cooperativamente* pelo reforço feito na reta do gráfico desenhado na lousa.

Ainda no turno 1, P mostra, utilizando o gráfico e gestos, como calcular o coeficiente angular, sendo que essas linguagens mostram visualmente, ou de forma

topológica, quais variáveis estão envolvidas nesse cálculo e como relacioná-las; logo, elas *especializam* os significados.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|---|---|
| <p>((P de frente para a turma)) 2. P: então cada um ali ((42'41'')) vai olhar NO SEU gráfico e ver onde <u>a reta que a gente desenhou na aula passada tá encostando no eixo da temperatura</u> ... contar direitinho os milímetros ali pra ver se dá 26° ... 16 °... 18°... 19°... 15°... ((43')) porque <i>pode haver variações</i>... nesse tempo do próprio grupo pode ter variações. 3. A: como? 4. P: lógico... a lousa está desenhada no olho ... né? se agente tivesse feito um ajuste no computador a reta do grupo daria tudo igual ... mas como nós fizemos no olhometro pode ser que um ficou um pouquinho mais pra lá... outro mais pra cá ((43'19'')) ((P vai até o grupo do aluno que está perguntando e responde uma série de questões))</p> | <p>Roteiro na lousa: “O gráfico correspondente ao aquecimento da água corresponde ao gráfico de uma função de 1º grau, ou seja, $y = ax + b$. No nosso caso, y é a temperatura (θ) e x é o tempo de aquecimento (t), portanto, nossa função será: $\theta = at + b$. O valor de b corresponde à temperatura inicial θ_0, ou seja, o valor da temperatura em $t = 0$: $b = \dots\dots\dots$”</p> | <p><u>Indica no gráfico</u></p> <p><i>Oscila a mão com a palma para baixo</i></p>  |

P continua explicando como estruturar o conhecimento físico a partir da Matemática tal como Robilotta (1988) e Pietrocola (2002) mostram ocorrer na Física – isso pode ser visto no roteiro da lousa, que *coopera* para frisar tais conhecimentos. Ela usa também dois gestos para mostrar espacialmente (*topologicamente*) o local onde a reta encontra o eixo da temperatura, deixando claras as pequenas variações desse ponto, *especializando* os significados.

Isso também possibilita visualizar como o recurso matemático pode ser usado para interpretar o fenômeno na medida em que P mostra como ler, no gráfico e na equação, a temperatura inicial do aquecimento, havendo, assim, uma tradução de uma linguagem para outra de forma semelhante à que Klüsener (1998) mostra ser necessária para aprender os conhecimentos matemáticos.

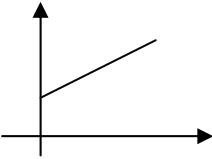
Um aluno não entendeu como poderia haver variações (que envolvem significados *topológicos*) dentro dos próprios grupos (T.3), demonstrando seu envolvimento e que, para ele, era lógico que, se os dados foram tomados juntos com seus amigos, os resultados deveriam ser análogos. A professora, no turno seguinte,

explica como isso é discutível por causa da forma de ajuste da reta e vai até um grupo tirar dúvidas, quando acontece um fato importante para nosso trabalho.

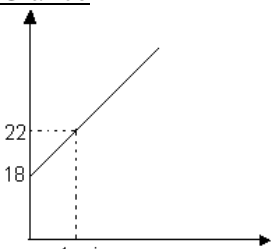
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|--------|
| <p>12. P: não é 10 graus... é de 18 graus até o 30 ... dá 12 graus ((no grupo))</p> <p>13. A: 12... professora</p> <p>14. P: 12 graus mais 12 minutos bom não dá isso exatamente... ((inaudível))... 29... então são 11 graus em 2 minutos ... então... em cada minuto... 5 graus e meio...</p> <p>15. A3: vocês tavam usando maçarico... mano ((Provavelmente olhando os dados do grupo que a professora estava ajudando, do qual ele não fazia parte))</p> <p>16. P: então ... aí depende das condi - - nós vamos ver - - depende das condições de cada grupo ((44'))</p> <p>17. A3: por exemplo ele usou um maçarico....</p> <p>((P apaga parte da lousa onde estavam a função $\theta = a.t + b$ e seu respectivo gráfico e <u>continua escrevendo o roteiro</u>))</p> <p>((Nos minutos seguintes P continua ajudando os alunos, até o intervalo, no qual alguns alunos continuam a realizar a atividade. Esse evento continuou no volta do intervalo))</p> | <p>“O valor de a <u>corresponde à inclinação do gráfico, ou seja, a quantos °C a temperatura aumenta a cada minuto. Para obter o valor de a, verificamos que a temperatura correspondente a 1 minuto é</u> $\theta = \dots\dots\dots$, ou seja, “ - “em 1 minuto, a temperatura aumentou $\theta_1 - \theta_0 \equiv \dots\dots\dots$ °C. <u>Escrevemos, então, a função correspondente ao nosso gráfico:</u> $\theta = \dots\dots t + \dots\dots$”</p> | |

A3, ao observar os dados dos colegas, constatou que o aumento de temperatura foi bastante elevado em relação ao observado nas aulas anteriores. Dessa forma, mesmo em tom jocoso, sua fala evidencia como ele relaciona fenômeno com a representação matemática, ou seja, ele vê o aquecimento rápido na linguagem algébrica e na gráfica, o que levou ao deboche ao mencionar o maçarico.

Mesmo quando a professora diz que o aquecimento depende das condições iniciais, A3 volta a citar o maçarico que, apesar de não ser usado na experiência, também proporcionaria um aquecimento rápido. Esse aluno, como os cientistas de Roth (2003), parece ver o fenômeno no gráfico e na função obtida com ele.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos | | | |
|--|--|---------|-------|---------|--|
| <p>((P desenha na lousa uma tabela com espaços para os alunos colocarem seus resultados (funções) obtidos nas diferentes condições experimentais))</p> <p>((P passa entre os grupos e tira dúvidas (~3') enquanto há alunos voltando do intervalo. Em ((55')), tocou o segundo sinal))</p> <p>39. P: ((57'41')) bom quem quiser preencher usando o gráfico vai poder escrever a <u>SUA equação...</u> “mas não é a equação do grupo?” ... não ... não é a do grupo ... a do grupo tem que estar parecida ... mas não vai ser igual porque a nossa reta média foi feita no olho ... então pode dar uma diferencinha ... aí nós vamos comparar as equações pra gente poder ver ... o que que dá em cada coisa ... né? e achar uma relação que comprove OU que possa dar uma base (maior) para nossa hipótese ... quem tinha chamado?</p> <p>40. A2: aqui.</p> <p>41. P: aqui.</p> <p>((P vai até aluna e tira dúvidas 1'))</p> <p>((alunos calculam seus resultados enquanto P anda entre os grupos tirando dúvidas ~2' / professora desenha um gráfico na lousa para resolver questão individual de aluno / alunos continuam trabalhando e P tirando dúvidas ~4'))</p> | <p>Na lousa</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 5px;">100ml</td> <td style="padding: 5px;">200ml</td> <td style="padding: 5px;">2 lamp.</td> </tr> </table> <p><u>Faz um quadrado na lousa em volta da equação genérica</u></p> <p>Na lousa</p>  | 100ml | 200ml | 2 lamp. | |
| 100ml | 200ml | 2 lamp. | | | |

Novamente, a professora chama atenção para os aspectos topológicos da linguagem gráfica e da algébrica (T.39), ressaltando como podem existir diferenças entre resultados de pessoas do mesmo grupo, por causa dos ajustes manuais das retas médias. Ela também enfatiza a necessidade de testar as hipóteses com base nas equações construídas e, depois, vai ajudar os alunos nos grupos.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|--|--|
| <p>42. P: Pronto ... psi::: ((alunos estão dispersos nos grupos)) ... nós vamos ... pra gente poder fechar o trabalho ... nós vamos comparar AS EQUAÇÕES ((65')) ... então cada um vai preencher de acordo com o seu gráfico ... eu vou voltar porque ainda tem gente perguntando individualmente ... você tem o seu gráfico lá ... sei lá ... <i>dezoito</i> ... <i>aqui no dois minutos tá no – espera um pouquinho para eu não me atrapalhar depois – vinte seis</i> ... <i>sei lá estou inventando ... certo? Seu gráfico tá assim</i> ... o que vale ... não é mais o ponto da tabela ... é a reta ... <u>então nós vamos preencher isto aqui como? Ahn ... o valor de b que corresponde à temperatura inicial teta zero</u> ... ou seja ... o valor da temperatura no tempo igual a zero ... <i>vem aqui no gráfico ... busca onde tá marcado zero ... chega até a SUA reta ... vê o número ... <u>preenche aqui</u> ... lógico tem gente que vai fazer dezoito ((66')) ... outro vai dar dezessete ... outro vai dar quinze ... outro vai dar dezenove ... depende da SUA reta passar ... continuando ... <u>para achar o “a” ... a gente tem que achar a inclinação ... ver quanto que a temperatura aumentou - - “ah a gente fez de dois em dois!” - - não tem importância que a gente fez de dois em dois ... existe um ponto aqui que corresponde a um minuto ... <i>acompanhe a linha do um minuto até a linha do gráfico e vê em que valor que bateu aqui</i> ... por exemplo ... aqui no caso tá dando vinte dois ... <u>ou seja ... a temperatura aumentou de dezoito para vinte e dois ... aqui no meu exemplo ... aumentou quatro graus ... como vai ficar aqui?</u> o que eu pus aqui não é para copiar o valor ... o valor é o do seu gráfico ((68')) ... eu só fiz para mostrar como é que a gente acha</u></i></p> | <p><i>Completa o gráfico anterior com valores numéricos</i></p> <p><i>Risca o ponto zero e o ponto onde está a reta</i></p> <p><u>Preenche roteiro com os valores inventados no gráfico</u></p> <p>Contorna o número com o giz</p> <p>Preenche o campo no texto Gráfico</p>  | <p>Indica equação genérica do roteiro</p> <p><u>Indica roteiro</u></p> <p><i>Indica gráfico</i></p> <p><u>Indica roteiro</u></p> <p>Reforça pontos do gráfico</p> <p><i>Gesticula sobre o gráfico</i></p> <p><u>Indica gráfico</u></p> |

Para sanar as dúvidas dos alunos, P inicia uma explicação mais detalhada da atividade e de como preencher o roteiro (T.42). Primeiramente, ela explica como achar o coeficiente linear b da reta, os desenhos no gráfico *cooperam* para mostrar para que local (tempo inicial) se deve olhar para encontrar esse número, o que consiste na compreensão da organização *topológica* do gráfico.

Ao mesmo tempo, P esclarece que b é a temperatura inicial na equação, usando gestos que indicam roteiro e gráfico, trazendo um significado *especializado* (adicional) ao mostrar como a função matemática pode remeter ao fenômeno. Esse significado

também é *topológico* porque está relacionando a variável temperatura com o tempo na equação.

Logo em seguida, P aponta no gráfico como achar o coeficiente angular da reta; para tal fim, ela *especializa* os significados físicos, reforçando os pontos no gráfico e gesticulando sobre o mesmo, assinalando espacialmente, ou *topologicamente*, como a inclinação está relacionada à velocidade do aquecimento da água. Portanto, é construído um *link* entre equação e fenômeno de forma similar à que Roth (2003) propõe.

Nesse turno, o roteiro *coopera* com a fala de P para transmitir os significados *topológicos*/matemáticos da atividade (como saber a temperatura inicial e como verificar na função em quais condições a temperatura aumentou mais rápido ou devagar).

Nos turnos seguintes, a professora passa entre os grupos, ajudando-os a encontrar seus resultados. Depois disso, todos colocam seus resultados na lousa, iniciando-se o evento 4.

Resumo do Episódio 2 – Tabela referente ao evento 2.3

| Evento 2.3 | Cooperação | | Especialização | |
|---|------------|---|----------------|--|
| | Tipológico | Topológico | Tipológico | Topológico |
| <i>Obtendo Funções a partir dos Dados Experimentais</i> | | Gesto de P mostra $\Delta\theta$ (T.1) | | P indica qual n° está relacionado à inclinação da reta (T.1) |
| | | P usa roteiro para estruturar os conhecimentos físico-matemáticos (T.2) | | P usa gesto que mostra o porque nas flutuações de θ_0 (T.2) |
| | | P desenha círculos no gráfico para mostrar onde encontrar θ_0 (T.42) | | P indica o que é “b” na equação e no gráfico (T.42) |
| | | P usa roteiro para achar “a” e “b” na equação (T.42) | | P indica o que é “a” na equação (T.42) |

Tabela 4.2.1. – Evento 2.3.: obtendo funções a partir dos dados experimentais

No evento 3, a professora constrói primeiramente uma passagem dos conhecimentos matemáticos para os físicos, utilizando recursos *topológicos*/

especializados para introduzir essa estruturação matemática dos conceitos físicos, algo novo para os alunos, e isso ocorre de forma similar ao que Robilotta (1988) e Pietrocola (2002) mostram acontecer na Ciência. Para isso ocorrer, é preciso fazer essa tradução entre o fenômeno de aquecimento da água e a representação matemática (nesse caso, as funções). Dessa forma, P discute o que é fisicamente cada pedaço da equação utilizando-se das diferentes linguagens à disposição (gráfico, gestos, fala e escrita) e centrando-se nas características *topológicas* de cada uma, que melhor representam os fenômenos naturais. Isso está de acordo com o que Klüsener (1998) mostra ser necessário para a aprendizagem de matemática, ou seja, é necessária uma tradução da linguagem natural para a linguagem simbólica matemática. Para tal fim, é preciso o desenvolvimento de uma percepção geométrica da situação de estudo (que no nosso caso é feito através do uso dos recursos *topológicos*).

As linguagens *cooperativas* usadas pela professora permitem uma retomada dos conhecimentos desenvolvidos, construindo um suporte para que os novos saberes possam ser desenvolvidos ou *especializados*. Vemos isso quando P usa gesto *cooperativo* para indicar onde se deve olhar no gráfico os intervalos de variação para encontrar a inclinação da reta e, depois, ela mostra de uma forma *especializada* que essa inclinação é o número que multiplica a variável na equação, adicionando um significado extra à inclinação, relacionada a um número, o coeficiente angular da reta (turno 1). Na tabela, isso pode ser observado nas colunas com significados topológicos, nas quais, em cada turno, há tanto cooperação quanto especialização.

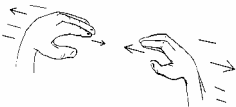
Assim, durante todo o evento, a professora desenvolveu uma ligação entre a linguagem gráfica e a linguagem algébrica; principalmente, desta última com o fenômeno, que envolve variações quantitativas, implicando a necessidade do desenvolvimento dos recursos *topológicos* da linguagem. Observamos isso na tabela acima, na qual as colunas dos recursos *tipológicos* permaneceram vazias. Isso não quer dizer que eles não foram usados, a fala e a escrita estão repletos de recursos tipológicos; porém, o fato de tratar-se de variações quantitativas exigiu o desenvolvimento aprofundado dos recursos *topológicos*, os quais Lemke (1998 e 1999) mostra serem mais eficientes para tratar da relação entre as entidades do mundo real.

Portanto, P cria condições para que o fenômeno seja visto tanto no gráfico como na equação tal como Roth (2003) mostrou que os cientistas fazem nos seus laboratórios.

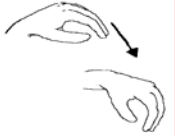
As falas do aluno nos turnos 15 e 17 parecem confirmar essa situação já que ele conseguiu observar a velocidade de aquecimento na equação dos seus colegas.

4.2.2 Evento 2.4 – Análise dos resultados, teste de hipóteses e conclusões

O início desse evento ocorreu imediatamente depois do anterior. A professora, junto com os alunos, começou a testar as hipóteses a partir das funções dispostas na tabela da lousa.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--------------------------|---|
| <p>((A professora <u>escreve conclusões na lousa</u>))</p> <p>53. P: vamos tentar ver os dados... chega ((<i>turma ainda está agitada</i>)) as nossas hipóteses ((80')) ... vamos pegar as nossas hipóteses ... a primeira que a gente tinha feito era sobre o problema <u>da estabilidade da temperatura</u>, e essa conclusão a gente tirou quando comparou as tabelas ... viu que a temperatura chega numa hora que se mantém -- durante a fervura ... segunda coisa que a gente tinha pensado ...</p> <p>54. A2: O quê?</p> | <p><u>Conclusões</u></p> | <p><u>Representa reta horizontal com as mãos</u></p> <p>Gesticula</p>  |

Na retomada das hipóteses, a professora relembra de algumas que puderam ser comprovadas a partir da tabela e do gráfico. Ela utiliza dois gestos *cooperativos* que mostram como é a curva da estabilidade da temperatura e, por isso, carregam um significado *topológico*.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|--|---|
| <p>59. P: primeira hipótese que a gente tinha... vamos lá ... quem tem o caderno aí? volta ... quem tava na aula que a gente viu isso?</p> <p>60. As: aumenta no começo...</p> <p>61. P: a temperatura aumenta MAIS no começo e depois vai mais devagar ((82')) ... a única coisa que a gente poderia ver nisso é quando chega perto da fervura ... né? quando já tá parte da água fervendo e parte não ... realmente ela faz uma curvinha ... mas no resto não ... né? até os oitenta ... oitenta e cinco graus não ... a gente poderia escrever isso ... <i>até oitenta e cinco graus a temperatura aumenta de um jeito só</i> ... REPAREM no que a gente está fazendo... ((83')) depois de fazer todo este estudo... nós estamos <u>checando as NOSSAS hipóteses</u> ... do começo do trabalho ... <u>tá aqui</u> ... a temperatura aumenta ... a gente dizia que aumentava mais rápido e depois aumentava mais devagar ... só <u>fica mais devagar quando chega perto</u> da fervura ... o que mais? Qual era a outra hipótese? ((pausa 10"))</p> | <p><i>Escreve na lousa:</i> “- até 85°C a temperatura aumenta de um jeito só”</p> | <p>Gesticula</p>  <p><u>Simula uma reta ascendente</u></p> <p><u>Aponta para as conclusões na lousa</u></p> |

No turno 60, alguns alunos levantam a hipótese sobre o aumento da temperatura ser maior no começo. A professora aponta isso no gráfico usando gestos que *cooperam* com sua fala, mostrando como a curva varia *topologicamente* no espaço perto dos cem graus e antes disso (T.61).

Nesse último turno, a escrita apóia *cooperativamente* a fala de P, na qual é sistematizada uma conclusão sobre a variação (*topologia*) da temperatura até 85°. A entonação da professora (MAIS, REPAREM e NOSSAS) ajuda a manter o foco nos pontos importantes (relação entre as variáveis).

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|------------------|--------|
| <p>62. A2: com recipientes diferentes...</p> <p>63. P: com recipientes diferentes...</p> <p>64. A: fechado ou aberto</p> <p>65. P: então veja... com recipientes diferentes a gente tem aqui ó ... aqui foi feito com vidro ... aqui foi feito com alumínio ... que que a gente percebe de um pro outro?</p> <p>66. A2: no alumínio a temperatura...</p> <p>67. P: aumenta...</p> <p>68. A2: aumenta... é maior ...</p> | | |

Alguns alunos formulam outras hipóteses (T.62 e T.64). P inicia uma discussão sobre a hipótese levantada por A2 (T.64), que ainda não percebeu o alumínio como melhor condutor de calor. Isso leva a professora a estimular uma explicação melhor,

ressaltando os aspectos *topológicos* que são importantes para perceber essas diferenças entre os materiais (T65 e T.67), porém, os alunos que participam têm dificuldade em entender.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|---|--|
| <p>69. P: mais rápido... a inclinação vai ser maior com o alumínio ... ((84')) <i>a inclinação é maior... ou seja ... a temperatura aumenta mais rápido ... a gente pode até comparar quantas vezes mais rápido ... né? aqui tá em torno de nove ... aqui tá em torno de doze ... então um terço a mais de rapidez para o material ... né ... no vidro foi nove t mais dezoito ... no alumínio deu doze t mais dezoito ... outra hipótese? tinha um monte né? ((começa a apagar outra parte da lousa ~7'')) o que mais? ((85'))</i></p> <p>70. A2: que tampado ele ia aquecer mais rápido do que sem tampa</p> <p>71. P: que tampado aquece mais rápido do que sem tampa ((A2: isso))</p> | <p><i>Escreve na lousa:</i> “- a inclinação é maior com alumínio, ou seja, a temperatura aumenta mais rápido: –vidro: $\theta = 9t + 18$ –alumínio: $\theta = 12t + 18$”</p> | <p><u>Indica valores na lousa.</u></p> |

No turno 69, P coloca a palavra correta na fala de A2 (mais rápido), além de relacionar (de forma *topológica*) a inclinação com a taxa de variação da temperatura. A escrita e o gesto apóiam (*cooperam* com) a fala da professora, deixando claro quais os números que mostram essa variação; no caso, 9 e 12. Assim, as equações na lousa são usadas para interpretar o fenômeno, ou melhor, são um recurso para visualizar as propriedades do aquecimento da água, na medida em que a professora, tal como Klüsener (1998) mostra ser necessário para a aprendizagem de matemática, cria uma tradução entre a linguagem natural e a linguagem matemática, possibilitando uma percepção geométrica da situação com o uso de recursos topológicos.


Ainda é importante esse manejo que a professora faz com as equações, usando-as para estruturar o conhecimento físico sobre aquecimento dos materiais, de forma aproximada ao que acontece na Ciência (Robilotta, 1988; Pietrocola, 2002), o que faz ao mesmo tempo com que o fenômeno fique *visível* também nessa linguagem algébrica, como também ocorre nos laboratórios científicos (Roth, 2003).

A2 relembra outra hipótese no turno 70, a qual P, nos turnos seguintes, põe em questão.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|---------------------------------------|
| <p>72. P: vamos verificar... tampado... com tampa ... ó ((pausa de 6")) ... essa nossa hipótese ... a gente ACHOU que tampado ele aquece mais rápido do que sem a tampa ... ficou ... ao contrário ... tá ao contrário da nossa hipótese ... então nós temos -- pelo o que a gente viu = <u>com tampa levou mais tempo</u> para aquecer ... se a gente tivesse realmente num trabalho de pesquisa pioneiro etc ... a gente ia fazer o quê? Voltar para o laboratório ... fazer de novo dos dois jeitos ... pra CONFIRMAR esses resultados porque está contrariando as nossas hipóteses ... né? ((86')) com tampa levou mais tempo do que sem tampa para aquecer ...</p> <p>73. A14: Professora.</p> <p>74. P: ... o que contraria nossa ... oi ((continua escrevendo))?</p> <p>75. A14: com duzentos ml demorou mais para aquecer ((inaudível))</p> <p>76. P: ... é? a nossa hipótese inicial ... qual ... Qual que é que você falou aí?</p> | <p>Escreve na lousa: “- com tampa levou mais tempo para aquecer, o que contraria nossa hipótese inicial”</p> | <p><u>Indica valores na lousa</u></p> |

Continuando a discussão (T.72), ao comparar os valores na lousa usando um gesto *cooperativo* para indicar onde olhar os valores (*topológicos*), P constatou que a hipótese de que o recipiente fechado aqueceria mais rápido não foi confirmada. Como coordenadora do grupo de pesquisa, P explica o que um cientista costuma fazer quando sua hipótese não concorda com a experiência (refaz). Ela ainda escreve os resultados na lousa, havendo *cooperação* entre fala e escrita.

Na seqüência, a professora discute a hipótese de A14.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|---|---|
| <p>77. A14: com duzentos ml levou mais tempo</p> <p>78. P: com duzentos ml levou? ((87'))</p> <p>79. A2: Menos tempo para ser aquecido</p> <p>80. A14: MAIS tempo</p> <p>81. P: <i>a inclinação vai ser... menor ... quer dizer que ele leva MAIS tempo para aquecer ... aqui sobe de cinco ou seis por minuto ... aqui sobe de nove por minuto ... oito e meio nove ... então ... <u>com maior quantidade de água a inclinação é menor... portanto confirma uma hipótese ((88'))</u> ... falta... as lamparinas ... psiii ... tá muita conversa aí no canto né?</i></p> | <p>“- com maior quantidade de água a inclinação é menor, portanto confirma nossa hipótese.”</p> | <p><i>Indica funções na lousa.</i></p> <p>Mostra mudança de inclinação</p>  |

A14 parece saber associar corretamente as variações do fenômeno aos diferentes coeficientes angulares ao corrigir sua colega com convicção (T.80). Ao que tudo indica, o fenômeno começa a tornar-se transparente nas funções construídas para esse aluno.

P continua apontando como a inclinação está relacionada à velocidade de aquecimento, usando como apoio *cooperativo* dois gestos e escrita, para mostrar que é mais demorado aquecer uma maior quantidade de água. Esses gestos também contribuem para adicionar um significado *topológico* à fala e à escrita de P já que relacionam quantidade de massa ao tempo e à temperatura.

Novamente, os significados *topológicos* aparecem para ajudar a fazer a necessária tradução da linguagem matemática para a linguagem natural (oral, escrita e gestual), que Klüsener (1998) mostra ser necessária, o que possibilita enxergar o fenômeno nas funções (linguagem algébrica) tal como Roth (2003) aponta na Ciência.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|---------------|
| 83. P: falta qual? ((<i>apaga a lousa</i>)) falta <i>comparar uma lamparina e duas lamparinas</i> | <i>Faz duas setas apontando para cada uma das funções na lousa</i> | |
| 84. A2: com mais energia ia mais rápido ... professora ... e menos energia é mais devagar. | | |
| 85. P: mudou? Psi | | |
| 86. A: sim ... um pouco | | |

Prosseguindo, a última hipótese é posta em questão no momento em que um aluno visualiza um pequeno aumento na velocidade de aquecimento quando existem duas lamparinas. Esse estudante também parece conseguir ler, na equação matemática, o fenômeno em estudo.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|---------------------------------------|
| <p>87. P: bem menos do que a gente esperava ((<i>pausa 14''</i>)) ... vamos parar com a conversa? ((89')) <u>com uma lamparina e com duas lamparinas realmente foi um pouco mais rápido só que se a gente verificar ... a diferença é muito menor do que a gente esperava</u></p> <p>88. A2: um grau Celsius</p> <p>89. P: <u>um grau por minuto ... né? se dobrou a quantidade de energia para</u> aumentar um grau por minuto ... <u>também seria uma coisa</u> que -- como não tá dentro do que a gente esperava -- a gente deveria refazer ... melhorar as condições ... porque também quando foi colocar as duas lamparinas talvez tenha ficado muito fogo por fora ... né? precisa ver como é que a coisa foi estruturada aí ... na POSIÇÃO das lamparinas ... se elas realmente estavam juntas ... então ficaria ... com duas lamparinas a temperatura ((<i>inaudível, muita conversa na classe</i>)) ... faltou só a altitude ... que não deu pra gente medir ((91'))</p> <p>((P vai até carteira de alunos para responder perguntas inaudíveis / enquanto há muita conversa na sala))</p> | <p>“- com 2 lamparinas a temperatura aumenta pouco mais do que com uma só, a diferença é muito pequena (deveria ser feito p/ confirmar)”</p> | <p><u>Indica funções na lousa</u></p> |

P enfatiza, nesse caso, que a diferença (que implica a co-variação de entidades e, portanto, um significado *topológico*) na inclinação é muito pequena – menor que o esperado nas hipóteses levantadas previamente (T.87). Seu gesto indicativo também *coopera* para enfatizar esse resultado.

A2 completa a fala de P no turno seguinte (“um grau Celsius”), o que mostra uma evolução em relação ao turno 77 quando ela não conseguiu perceber a relação do coeficiente angular com a velocidade de aquecimento.

Apoiando-se *cooperativamente* nas funções e no texto da lousa (T.89), a professora, novamente como membro mais experiente do grupo, ressalta que, no trabalho científico, se deve refazer a experiência para testar a hipótese que não foi confirmada. Dessa vez, ela adiciona uma nova informação à sua explicação: deve-se melhorar as condições de realização do experimento.

Colocadas todas as conclusões na lousa, P passa a sanar, individualmente, as dúvidas de seus alunos. No restante da aula, ela explica as regras para confecção do relatório, evento que não se enquadra no foco desta pesquisa.

Resumo do Episódio 2 – Tabela referente ao evento 2.4

| Evento 2.4 | Cooperação | | Especialização | |
|--|------------|---|----------------|------------|
| | Tipológico | Topológico | Tipológico | Topológico |
| <i>Análise dos Resultados, Teste de hipóteses e Conclusões</i> | | Gestos de P indicam estabilidade da temperatura (T.53) Gestos de P indicam como é a curva perto de 100° (T.61) Escrita sistematiza os resultados (T.61) Escrita e gestos de P mostram como o coeficiente angular está relacionado à inclinação (T.69) P aponta para os valores das equações para o recipiente fechado (T.72) Escrita sistematiza os resultados (T.72) P mostra com um gesto e escrita que mais água demora mais para aquecer (T.81) Gesto de P indica hipótese refutada (T.87) Funções e texto sistematizam o resultado (T.89) | | |

Tabela 4.2.2. – Evento 2.4.: análise dos resultados, teste de hipóteses e conclusões

Construída uma “ponte” entre funções e fenômeno, ou seja, entre a linguagem matemática e a fenomenológica, P pôde partir para uma análise mais aprofundada das hipóteses usando as funções dos seus alunos. Podemos observar esse acontecimento na tabela acima em que as linguagens foram usadas apenas de forma *cooperativa*, não sendo necessário adicionar novos significados para interpretar o fenômeno com a representação matemática (o que explica o vazio da última coluna).

Isso pode ser corroborado pelas participações de alguns estudantes, que usaram as suas equações para argumentar em relação às hipóteses. Mesmo A2, que apresentou dificuldades para relacionar as variáveis (ou os significados *topológicos*) em sua primeira intervenção (T.79), mostrou uma evolução nas suas participações posteriores (T.84) ao perceber, na linguagem algébrica (das funções), a velocidade da mudança de temperatura (que é um significado *topológico* por relacionar tempo e temperatura). Essa

aluna, junto com A14 (T.80), parece enxergar o fenômeno de estudo nas funções construídas para estruturar os conhecimentos físicos.

Novamente, os significados *topológicos* tiveram destaque, pois eles referiam-se ao aquecimento da água, representado matematicamente por uma variação quantitativa.

Resumindo, o trabalho desenvolvido pela professora com o objetivo de desenvolver os recursos matemáticos para estruturar os fenômenos físicos, semelhantemente ao que ocorre na Física (Robilotta, 1988; Pietrocola, 2002) e utilizando-se de recursos *topológicos* das várias linguagens (oral, escrita, gestual e gráfica) relacionados às variações do fenômeno, possibilitou uma tradução da linguagem natural e sua geometria para a matemática, como mostra Klüsener (1998). Isso parece criar condições para que os alunos possam perceber, nas diversas linguagens da matemática (tabela, gráfico e funções), o fenômeno de estudo, de forma similar aos cientistas com que Roth (2003) trabalhou.

4.3 Episódio 3 – Dedução da Equação Fundamental da Calorimetria (Aula 10 – 28/06/00)

| Evento | Descrição | Início (t) |
|---|---|-------------------|
| E1 – Discussão sobre representantes de classe | | 1' |
| E2 – | Continuação da aula anterior | 45'21" |
| Intervalo | | 50' |
| E3 – Reinterpretando o gráfico | Análise do gráfico e das funções em termos de calor, temperatura e massa | 55" |
| E4 – Dedução da equação fundamental da calorimetria | P deduz a equação fundamental da calorimetria e faz uma discussão com os alunos sobre valores possíveis e diferentes materiais aplicando essa equação | |
| E5 - | Leitura do texto 4 e resolução de questões | 75' |

Tabela 4.3. – Resumo do episódio 3

O episódio três ocorreu duas aulas depois do anterior. Ele foi precedido pela aula descrita a seguir.

Nessa aula (nova aula), a professora realizou uma reflexão, dialogando com a classe sobre a energia fornecida para a água e outras substâncias. Ela começou

diferenciando temperatura e energia e enfatizando o que foi medido na experiência: temperatura e tempo de aquecimento. P desenvolveu uma relação entre este e a energia fornecida usando os conceitos de calor e calor específico⁵.

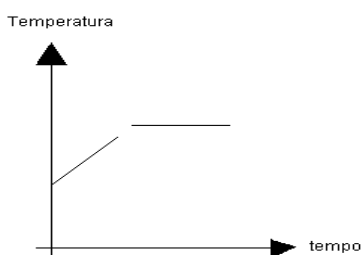
Feito isso, ela começou uma discussão sobre a produção de calorías na queima dos combustíveis usando valores de uma tabela e, também, definiu quilocalorias. Em seguida, ela explicou como medir as calorías fornecidas pela lamparina na experiência.

Depois, a professora definiu combustíveis e iniciou um diálogo sobre onde se pode encontrar calorías, o que resultou em uma discussão sobre alimentação com ampla participação da classe. Por fim, ela disse que o gráfico poderia ser modificado: no lugar do tempo de aquecimento, poderiam ser colocadas calorías fornecidas.

Na décima aula, em que ocorreu o episódio 3, aconteceu o evento 3.2, que foi uma continuação da aula passada e criou condições para a discussão seguinte (evento 3.3), na qual o gráfico e as funções obtidas foram interpretados usando os conhecimentos discutidos sobre calor.

4.3.1 Evento 3.3 – Reinterpretando o gráfico e as funções a partir dos conceitos de calor, caloria, calor específico e massa

P aguarda os alunos acalmarem-se na volta do intervalo. Ela começa a revisar a aula anterior e desenha um gráfico na lousa ((55')):

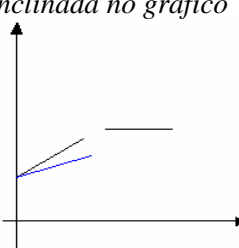
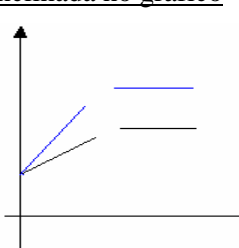


⁵ Apesar de a professora mencionar a definição do calor específico, ela não chega a citar o nome em si.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|--|
| <p>1. P: ((56'41'')) ... a <u>inclinação da reta</u> ... ((<i>alunos agitados</i>)) ... ((57')) a gente viu que a <u>inclinação da reta é influenciada pela MASSA de material ... pela quantidade de material ... é lógico que no caso ... lógico que no caso ... a gente mediu mls .. mas normalmente o que a gente faz é usar a massa em gramas</u></p> <p>2. A2: a senhora PESA a água?</p> <p>3. A14: lógico</p> <p>4. P: por que não? Por que que a gente deve usar a massa e não usar volume ... <u>quantidade em mililitros ... litros ... etc ... o que que acontece quando aquece a água?</u></p> | <p>Escreve lousa:</p> <p>“massa – quantidade”</p> <p>g <u>litros</u></p> | <p><u>Indica inclinação no gráfico</u></p> |

A professora começa a retomar oralmente o que pode ter influenciado a inclinação da reta (T.1), usando um gesto *cooperativo* para indicar esse conceito. A escrita também *coopera* para frisar *tipologicamente* as variáveis importantes e suas unidades.

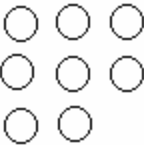
A dúvida de A2 (T.2) faz P discutir a importância do uso da massa e não do volume (quantidade) nas medidas já que a primeira é praticamente constante (algumas moléculas saem do líquido).

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|---|--------|
| <p>12. P: de espaço ... então vai dar uma diferença no volume ... a quantidade não muda ... a massa não muda ... se cê puser na balança vai dar a mesma coisa porque o número de moléculas de água que tinha dentro não muda ... então a gente vai usar sempre a massa e a gente verificou que quanto mais massa a gente punha... <i>mais lento era o aquecimento</i> ... tá ... a inclinação era menor ... bom e se eu mudar o material? Que que acontece? Se em vez de aquecer água ... por exemplo ... eu aquecer óleo ... que que acontece? ((<i>Apaga reta traçada no item anterior</i>))</p> <p>13. A: óleo</p> <p>14. P: o óleo aquece mais rápido do que a água?</p> <p>15. Alunos: não</p> <p>16. A14: <u>sim ... aquece</u></p> <p>17. P: a água demora muito... e o óleo ferve numa temperatura da água? ((59'))</p> <p>18. Alunos: não</p> <p>19. A: eu acho que não</p> <p>((<i>vários alunos respondem ao mesmo tempo 30'</i>))</p> <p>20. ((<i>Inaudível</i>))</p> | <p>Desenha curva menos inclinada no gráfico</p>  <p>P desenha reta mais inclinada no gráfico</p>  | |

Deixando claro que a massa é constante (na verdade é aproximadamente) e o volume não, P pode fazer uma relação direta com o laboratório realizado, mostrando que, com mais água, o aquecimento é mais lento (T.12) – confirmando uma das hipóteses. A primeira reta desenhada *especializa*⁶ esse significado, pois aponta como ver no gráfico essa relação *topológica* entre variáveis e entre substâncias (velocidade de aquecimento).

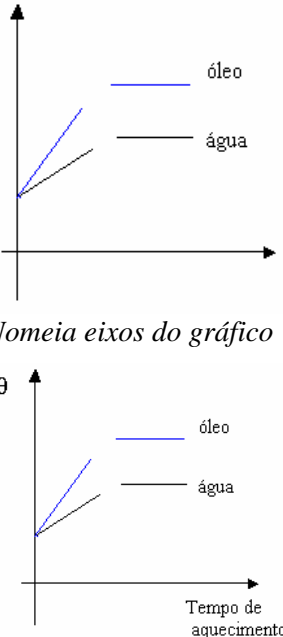
P começa a discutir como seriam os gráficos obtidos com diferentes materiais, o que cria um contexto para a discussão do conceito de calor específico mais adiante (que envolve significados *topológicos*). A segunda reta traz um significado *especializado e topológico* ao indicar a diferença, no gráfico, entre as curvas de diferentes materiais.

É importante destacar que essa interpretação começa a criar condições para que o fenômeno seja visto no gráfico, tendo como pano de fundo o tipo de material e os conceitos de calor e massa, na medida em que a professora faz uma tradução desses conceitos, estruturados pela Matemática, para a linguagem fenomenológica, usando os recursos *topológicos* da linguagem gráfica. Isso é importante para a definição da equação fundamental da calorimetria, que relaciona o aquecimento ou esfriamento de materiais através do calor específico, da massa e da temperatura.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|--------|
| <p>21. P: cuidado com essa idéia... o fornecimento de calor vai ser mesmo ... eu posso usar a mesma lamparina ... posso usar o mesmo bico do fogão pra aquecer a mesma quantidade de água e de óleo ... só que a temperatura de FERVURA do óleo vai ser maior ... cê já se queimou com óleo quente? Espero que não ... alguém já se queimou com óleo? ((<i>alunos: já</i>)) e já espirrou água quente? ((<i>comentários de alunos</i>)) a queimadura de óleo é muito maior porque a temperatura do óleo é muito mais alta... ((<i>vários comentários ao mesmo tempo</i>))</p> <p>22. A: por que ... professora?</p> <p>23. P: pelo tipo de material ... conforme o tipo de as moléculas ... a distância entre elas ... o tamanho delas ((60'))</p> <p>24. A: o óleo é bom condutor?</p> | <p>Desenha</p>  | |

⁶ Apesar de P ter discutido a relação da inclinação da reta com a velocidade de aquecimento no episódio anterior, consideramos que houve uma especialização dos significados (um significado adicional) por não ter informações precisas sobre a retenção desses conhecimentos pelos alunos nas aulas anteriores.

Nos turnos 21 e 23, a professora relaciona conhecimentos empíricos sobre o aquecimento do óleo e da água com a distância entre as moléculas, um desenho (que carrega um significado *topológico*) *coopera* para mostrar essa idéia. Assim, ela faz um paralelo do fenômeno de aquecimento com as propriedades do material (ligadas ao calor específico), dando condições para que os estudantes façam um *link* entre o fenômeno e o gráfico a partir dos novos conceitos usados para interpretar o gráfico (calor e massa).

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|------------------------------|
| <p>25. P: oi? Se o óleo é um bom condutor? No óleo acontece mais convecção do que condução ... né ... é difícil falar em boa condução ... mas o tipo de moléculas do óleo ... tamanho espaço entre elas ... vai ser mais fácil ou menos fácil ... no caso do óleo mais fácil do que a água ... então se a gente mudasse o material ... por exemplo ... <i>aqui óleo ... aqui água</i> ... o gráfico ia ter um gráfico diferente também ... né ... ou seja ... se repetisse a nossa experiência que gente fez com água ... tudinho igual ... só que desta vez com óleo ... a gente ia ver que ia mudar <u>aqui</u> ... nós chegamos ((pausa 6"/alunos conversam)) ... nós chegamos ((61')) na nossa experiência numa relação entre a <i>temperatura e o tempo de aquecimento ... esse tempo de aquecimento ele tá na realidade relacionado com a quantidade de energia na forma de calor</i> que a gente fornece pr/ o material ... a gente viu que um minuto de lamparina corresponde a uma certa quantidade de álcool que foi queimada ... que ... portanto corresponde a uma certa quantidade de calorías ((P pega sobre sua mesa a tabela de conversão de calorías estudada na aula anterior))</p> <p>26. A27: ô professora... dá pra calcular a quantidade de álcool?</p> | <p>Escreve “óleo” e “água” nas respectivas curvas do gráfico</p>  <p>Nomeia eixos do gráfico</p> <p>Escreve “quantidade de energia”</p> | <p><u>Indica gráfico</u></p> |

Atendendo a demanda de um aluno (T.24), P discute as propriedades do óleo referentes ao seu aquecimento e mostra, no gráfico, como seriam as curvas de cada material (água e óleo). Nesse caso, o gráfico, a escrita e o gesto *especializam* o significado construído pela fala ao mostrar de maneira *topológica* como o óleo aquece mais rápido que a água.

A fim de desenvolver uma explicação mais rigorosa, P mostra como o tempo usado na experiência está relacionado à quantidade de calor fornecida pela lamparina,

usando conhecimentos desenvolvidos na aula anterior. A escrita *coopera* para fixar os termos usados (*tipológicos*).

A27 questiona a possibilidade de calcular a quantidade de álcool, remetendo a quanto de energia foi consumido na experiência (T.26) e levando a professora a dar uma explicação mais elaborada sobre como fazer isso.

Um fato importante a destacar é que tanto o gráfico na lousa quanto a fala da professora não dão conta de explicar precisamente a diferença entre a velocidade de aquecimento da água e a do óleo. Pelo gráfico, constata-se que, apesar do óleo aquecer mais rápido, ele leva o mesmo tempo para chegar à ebulição. Apesar disso, na aula anterior, P mostrou que o óleo ferve antes da água na discussão sobre calorías.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|--------------------------------|--------|
| 27. P: pode ... é só a gente pegar a lamparina antes de começar a experiência coloca o álcool ... põe na balança ... depois você usa a lamparina usa lá onde tem que usar e põe na balança de novo ((62')) ... então você vê quantas gramas de álcool você gastou ... <u>aí você vem aqui né</u> ... | <u>Tabela da aula anterior</u> | |
| 28. A14: a gente num fez isso na experiência | | |

P explica brevemente como calcular essas quantidades usando a tabela (T.27), que *coopera* para a construção dos significados *topológicos* (como calcular).

Resumo do Episódio 3 – Tabela referente ao evento 3.3

| Evento 3.3 | Cooperação | | Especialização | |
|----------------------------------|--|--|----------------|--|
| | Tipológico | Topológico | Tipológico | Topológico |
| <i>Reinterpretando o gráfico</i> | Escrita na lousa (massa e suas unidades) (T.1) Escrita sistematiza termo (quantidade de energia) (T.25) | P indica reta (T.1) Desenho mostra moléculas (T.23) Tabela ajuda a ver como calcular a quantidade de energia na experiência (T.27) | | P desenha reta que relaciona inclinação e velocidade (T.12 e T.16) Gráfico, gesto e escrita mostram como óleo aquece mais rápido (T.25) |

Tabela 4.3.1. – Evento 3.3.: reinterpretando o gráfico

Nesse evento, a professora cria condições para que os conceitos físicos sejam estruturados matematicamente tal como Pietrocola (2002) e Robilotta (1989) mostram na Ciência. Para isso, P define quantidade de calor e, também, inicia a construção da relação (*topológica*) do tipo de material com a forma de aquecimento, o que remete ao calor específico.

A *cooperação* dos significados de diferentes linguagens foi importante para enfatizar os conceitos de calor, quantidade de calor e massa na interpretação do fenômeno, desenvolvida nas aulas anteriores. Isso criou condições para a dedução da equação fundamental da calorimetria a partir das equações dos estudantes no evento posterior.

Os significados *especializados* são importantes para introduzir a relação (*topológica*) entre o aquecimento e o tipo de material usado, o que remete ao calor específico dos materiais (*tipológico*), discutido com mais profundidade no próximo evento.

É interessante notar, também, que são usados recursos *tipológicos* para definir termos precisos como massa e quantidade de energia. Apesar dessas entidades não possuírem graus entre elas (na Física, não existe massa tipo um ou massa tipo dois, por exemplo), seus valores variam dentro da topologia dos números reais. Inicia-se, assim, o processo de integração dos recursos *tipológicos* e *topológicos* tal como Lemke (1998a e 1999) sugere ocorrer na Ciência.

O uso de recursos *topológicos* possibilita que os conceitos introduzidos sejam vistos no gráfico e possam ser usados para interpretar também a equação que os diversos grupos construíram e, ainda, que a linguagem fenomenológica seja traduzida na linguagem científica na medida em que esses recursos colocam em cena a geometria da situação de estudo, o que é importante para a aprendizagem da matemática conforme é destacado no trabalho de Klüsener (1998). Assim, esses recursos oferecem condições para que o fenômeno possa transparecer na matemática usada para interpretá-lo tal como Roth (2003) observou nos cientistas.

4.3.2 Evento 3.4 – Dedução da equação fundamental da calorimetria

Esse evento é uma continuação do anterior. A professora deduz a equação fundamental da calorimetria e ensina como manipulá-la para saber quantas calorias devem ser fornecidas/retiradas a/de diferentes substâncias, a diferentes massas, para aumentar/diminuir a temperatura.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|---|----------------|
| <p>29. P: porque num era objetivo nosso... a gente tava pretendendo ver o problema do gráfico... podemos até fazer isso daí ... então... na verdade ... o nosso tempo de aquecimento tá dizendo Quantas calorias que o material tá recebendo... a gente costuma escrever <u>isso aqui</u> ... a gente costuma escrever essas relações numa ordem contrária ... quando a gente escreveu no relatório a gente achou uma coisa assim <i>temperatura é igual a temperatura inicial mais um número vezes o tempo de aquecimento ... ((63'))</i> foi o fim do nosso relatório ... eu vou mudar um pouquinho... presta atenção pra entender o que eu estou fazendo ... o nosso tempo de aquecimento ... <u>na verdade ... ele é a quantidade de calor em calorias</u> que a gente usou... né - - quantas calorias estavam chegando na água na unidade de tempo - - ... essa temperatura inicial eu vou passar pra lá e vai ficar assim ... se ele tava mais aqui passa pra lá em matemática ... fica menos ... essa diferença de temperatura entre a temperatura inicial e a temperatura depois foi o que a gente fez aqui... quando a gente viu quanto aumentou a temperatura em cada minuto... certo? ((64'))... quanto aumentou a temperatura num certo tempo... quanto aumentou a temperatura em cada minuto... <u>então isso aqui a gente vai chamar $\Delta\theta$</u>... que é quanto aumentou a temperatura... se eu passar esse <i>número que tá multiplicando pra cá</i></p> | <p>Gráfico</p> $\theta = \theta_0 + n^{\circ} \cdot \text{tempo aquec.}$ $\theta - \theta_0 = Q$ <p>$\Delta\theta$</p> $\frac{1}{n^{\circ}} \cdot \Delta\theta = Q \Rightarrow Q = mc\Delta\theta$ | <p>Gráfico</p> |

A professora aproveita a discussão iniciada no evento anterior para deduzir a equação fundamental da calorimetria. Ela apóia-se *cooperativamente* no gráfico para mostrar cada termo da equação sendo que a escrita destes *especializa* os significados matemáticos/topológicos, ou seja, é construída uma relação entre o que foi feito no gráfico e a nova forma de representar o fenômeno (fórmula ou linguagem aritmética) usando os conceitos de calor, massa e calor específico.

Assim, P começa a estabelecer uma *generalização* (ou uma estruturação matemática dos conceitos físicos) do fenômeno de aquecimento da água, de forma semelhante à proposta por Robilotta (1988) e Pietrocola (2002), que se estende pelos turnos posteriores, dando condições para que seus alunos comecem a enxergar, na

equação matemática, os fenômenos de aquecimento em geral, e não só no teste experimental realizado, assim como os cientistas estudados por Roth (2003), já que ela vem promovendo uma tradução da linguagem fenomenológica para a linguagem formal da Física, utilizando-se de recursos topológicos que proporcionam uma visão geométrica da situação, necessária à aprendizagem dos conceitos matemáticos (Klüsener, 1998).

Em seguida, é discutido o porquê do uso do símbolo teta (θ) para temperatura, o que foge dos nossos propósitos. Na seqüência, a professora continua a trabalhar a nova equação.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|----------------------------------|-------------------------------------|
| 33. P: ... ((65°)) então se eu pegar esse número e passar pra cá ... ficaria <i>Q</i> igual a um número vezes a mudança de temperatura ... esse número ... na verdade ... ele representa a massa que eu tô usando e o tipo de material que eu tô usando ... então ... a gente tem massa vezes um <i>c</i> - - que tá relacionado ao material - - vezes quanto a temperatura aumentou ... esse é o jeito - - num aparece nos livros do nosso jeito a fórmula - - aparece desse jeito ... <u>q...</u> que é quanto de calor ... quantidade de calor ... | Escreve: $Q=m.c.\Delta\theta$ | <i>Indicando a fórmula na lousa</i> |
| 34. A12: que é o calor | | |

Os gestos de P *cooperam* para construção dos significados referentes à equação, exceto quando ela menciona o calor específico, quando há uma *especialização* na medida em que um novo conceito é apresentado. A escrita também *especializa* a fala de P ao introduzir o conceito de quantidade de calor e como calculá-lo.

As diferentes linguagens usadas por P constroem significados tipológicos. Por exemplo, cada termo da equação não pode ser outra coisa, ou seja, ou é calor específico ou é temperatura – não existe nenhum grau de variação entre esses conceitos – o que caracteriza o *tipo* de significado mencionado.

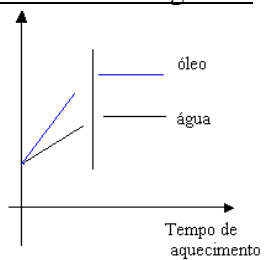
Apesar disso, tanto calor específico quanto temperatura (e os outros termos) podem variar dentro da *topologia* dos números reais; dessa forma, P começa a desenvolver essa característica híbrida, observada por Lemke (1998a, 1999), da matemática usada em Ciência na sala de aula. Ou seja, essa “matematização” dos conceitos físicos representa quantidades *topológicas* por meios *tipológicos*.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|---|
| <p>35. P: que eu forneço ... é a massa de material ... o tipo de material ... vai dar um certo aumento de temperatura ... <u>isso aqui chama-se calor específico do material ((66'))</u> ... calor específico do material - - ele conta pra gente a dificuldade maior ou menor pr/o material aquecer - - <i>então você tem aqui substâncias e calor específico ... por exemplo ... na água a gente vai ter um ... se você quiser que um grama de água aumente um grau Celsius você vai gastar uma caloria ... se você quiser que um grama de álcool aumente um grau Celsius você vai precisar de zero vírgula seis calorias ... sei lá vamos pegar outro ... lá no finalzinho ... ferro ... pra um grama de ferro aumentar um grau ... precisa zero vírgula onze calorias ... ((67'))</i> então na tabelinha quando fala nesse calor específico ele diz assim uma caloria por grama por grau Celsius ... quer dizer assim <i>uma caloria para cada grama aumentar um grau... caloria para cada grama aumentar um grau</i> - - cada material é diferente? É... a molécula é diferente... a atração é diferente... então muda o tanto de energia que precisa pra aumentar o mesmo grau ...</p> | <p><u>Escreve e faz seta da palavra até a fórmula:</u> “calor específico”</p> <p><i>Pega tabela e vai consultando a mesma, enquanto escreve na lousa:</i></p> <p><i>1 cal = 1g de água.1°C</i> <i>0,6cal = 1g álcool.1°C</i> <i>0,11cal = 1g ferro.1°C</i></p> <p>Escreve: cal/g.°C</p> | <p><i>Indica “cal/g.°C” enquanto fala</i></p> |

No turno 35, a professora começa a definir calor específico dos materiais e como ele está relacionado à forma de aquecimento destes. A escrita e a seta *especializam* o significado de “c”, um novo termo bem definido *tipologicamente* (calor específico). Já a tabela *especializa* o significado da fala na construção do entendimento sobre como trabalhar com esse conceito, além de relacionar (*topologicamente*) calor específico com o fenômeno de aquecimento dos materiais, criando meios para a sua visualização na fórmula.

Ainda nesse turno, escrita e gesto de P *especializam* a sua fala para definir de forma *tipológica* as unidades do calor específico; assim, novamente, a característica híbrida (integrando recursos *tipológicos* e *topológicos*) das construções científicas que Lemke (op.cit.) aponta, está em foco. Na seqüência, a professora discute, com mais detalhes, com os alunos, o conceito de calor específico.

Nos turnos seguintes, um aluno não entende porque o gelo tem mais facilidade para trocar calor que a água, levando P a explicar mais detalhadamente, justificando pela estrutura das moléculas e a atração entre elas. Depois, P volta a aprofundar-se no conceito de calor específico.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|---|---|
| <p>44. ((P fala para toda sala)) vamos pensar mais um pouquinho na idéia de calor específico... essa fórmula... ela tá representando o nosso gráfico na parte do aquecimento... ((aluno tira dúvida ~10'))... ahn.... lógico que a fórmula... ela é útil... porque ela ((Inaudível))... mas a gente pode usar só... a idéia ((apaga lousa))... só o raciocínio... vamos pensar na água... uma caloria passa para um grama de água... aumentar um grau... se eu quiser aumentar a temperatura de dois gramas de água... quantas calorias eu preciso?</p> | <p>Faz uma reta no gráfico</p>  <p>Escreve 1 cal -- 1g de água -- 1°C</p> | <p>Aponta fórmula na lousa: $Q=mc\Delta\theta$</p> <p>Aponta tabela com cores específicos</p> |

P ressalta o papel da fórmula como meio para estruturar o fenômeno físico (T.44) assim como Pietrocola (2002) e Robilotta (1988) destacam na Física. Ela faz uma reta mostrando em qual parte do gráfico a fórmula atua (somente no aquecimento), *especializando* seu significado, que é *topológico* por envolver uma relação entre as variáveis desse intervalo.

Dessa forma, novamente, é estabelecido um *link* entre fenômeno e equação, que agora está mais completa por envolver os conceitos usados pelos físicos para interpretar trocas de calor (quantidade de calor, calor específico, massa e intervalo de temperatura). Isso é possível pelo desenvolvimento de uma tradução entre as linguagens naturais e a formal que P promove com o auxílio dos recursos *topológicos* presentes na linguagem gráfica e gestual.

A colocação de P no final desse turno e nos seguintes faz com que haja mais participação dos alunos com o intuito de que eles aprendam a manipular a fórmula matemática e entendam a “essência” do calor específico dos materiais (relacionada aos significados *topológicos*). Nesse turno, ela também usa a escrita, *cooperativamente* com sua fala, para esquematizar como se dá o processo de aquecimento mediante a relação (*topológica*) das três variáveis (calor, massa e temperatura). Os gestos também são usados *cooperativamente* para enfatizar os pontos importantes. Portanto, é desenvolvida uma melhor estruturação matemática dos conceitos físicos envolvidos na experiência, que continua a seguir.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|---|--------|
| 45. A: dois gramas de água? 46. P: é 47. A: ((Inaudível)) 48. P: <u>se eu colocar duas calorias vai aumentar quantos graus?</u> 49. A: um 50. P: um grau... eu preciso de uma caloria pra um grama... mais uma caloria pra outro grama... <i>se eu quiser cinco gramas de água... diminuir um grau...</i> vai precisar? 51. A: cinco calorias | <u>Escreve</u> 2 cal -- 2g Completa escrita anterior 2 cal -- 2g -- 1°C <u>Escreve</u> -- 5g -- 1°C | |

A escrita usada por P (T.48, T.50) *coopera* para mostrar como estão relacionadas as variáveis (*topologicamente*). Ao notar a dificuldade dos seus estudantes em perceber essas relações *topológicas* entre calor, massa e temperatura; a professora detém-se um pouco mais nessas explicações através de outros exemplos e os alunos são convidados a participar. Como a dificuldade persistiu, P utilizou um esquema para discutir como o calor específico influencia o aquecimento:

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|---|--------|
| 63. P: por que duas?... porque tem uma para aumentar um grau... aí tem que fornecer mais uma para aumentar mais um grau... vamos supor... coloca <u>dez graus...</u> <u>forneça aqui uma caloria... a água fica onze graus... se eu colocar mais uma caloria ela fica doze graus...</u> cada vez que você põe uma caloria ela aumenta um grau... agora se eu tiver um grama e quero aumentar dez graus? 64. As: dez calorias | Completa escrita anterior 2cal -- 1g -- 2°C <u>Escreve</u> 10°C + 1cal 11°C + 1cal 12°C | |

O esquema que P desenvolve junto com sua fala no turno 63 *especializa* o significado do calor específico dos materiais, mostrando como variam as quantidades envolvidas (um significado *topológico*). Ele também possibilitou um melhor entendimento dos alunos na medida em que um grande grupo respondeu corretamente a pergunta feita pela professora (T.64).

Isso pode mostrar como a generalização dos resultados do laboratório começa a tornar-se transparente ao olhar dos estudantes mediante o uso da estruturação matemática dos conceitos físicos de calor e calor específico a partir de uma tradução da linguagem comum para a científica, amparada pela explicitação dos recursos *topológicos* da linguagem matemática. Assim, qualquer aquecimento ou resfriamento pode tornar-se *transparente* no gráfico ou na equação.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|---|--------------------------------|
| 65. P: vou precisar de dez calorias... e se eu fizer duas coisas ao mesmo tempo ((<i>apaga lousa</i>))... se eu falar assim olha... eu tenho <i>cinco grammas de água pra aumentar dez graus</i> ((<i>alunos comentam enquanto P escreve na lousa</i>))... se eu fornecer <u>dez calorias</u> ((<i>A: cinquenta</i>))... <u>eu aumento dez graus</u> ... mais eu aumento <u>só em um grama</u> ... | <i>Escreve</i> -- 5g -- 10°C | <u>Aponta valores na lousa</u> |
| 66. A2: por quê? | | |
| 67. porque para cada grau precisa uma caloria... e pra cada grama precisa uma também... então vai precisar de cinco vezes dez... cinquenta calorias ... né | Completa valores 50 cal -- 5g -- 10°C | |
| 68. A: ((<i>Inaudível</i>)) | | |
| 69. P: no caso da água sim porque é <u>uma caloria</u> | | |
| 70. <u>A</u> : a sim | | |

Continuando a mostrar como usar a equação fundamental da calorimetria, P trabalha todas as variáveis ao mesmo tempo (T.65 e T.67). A escrita e os gestos *cooperam* para indicar os valores calculados e a relação (*topológica*) entre as variáveis.

Nesse ponto, a professora tem mais liberdade para trabalhar com os conceitos científicos matematizados uma vez que houve um processo de tradução da linguagem natural para a linguagem formal-matemática da Física. Isso acontece, também, devido à integração dos significados *tipológicos* e *topológicos* que ocorreu com o desenvolvimento da linguagem aritmética; assim, é possível construir significados matemáticos sem a necessidade de voltar, a cada instante, a usar a linguagem gráfica, podendo referir-se diretamente ao fenômeno através das equações.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|--|
| 71. P: se fosse outro material... se for álcool ... se eu tiver dois grammas não vai mais ser zero seis... vai ser <u>dois vezes zero seis</u> ... certo pro álcool | Escreve 0,6cal -- 1g -- °C | |
| 72. <u>A</u> : e pra aumentar um grau? | Completa 2 x 0,6cal -- 1g -- °C | Aponta valores <u>Aponta valores</u> |
| 73. um grama... um grau? ((<i>alunos comentam</i>))... pra dois graus <u>aqui</u> ... aí eu multiplico por dois lá de novo... <i>duas do grau e duas do grama</i> ... quatro vezes zero seis | <u>Apaga 1g</u> e escreve <u>2g</u> 2x2x0,6cal -- <u>2g</u> -- °C | <i>Aponta grau e grama na lousa</i> |
| 74. <u>A</u> : aí que vai dar o ((<i>Inaudível</i>)) | | |
| 75. P: aí que vai dar o total de caloria que ele precisa | | Aponta caloria na lousa |
| 76. <u>A</u> : ah... agora eu entendi | | |

Tendo o álcool como exemplo, a professora trabalha com a equação fundamental da calorimetria junto com o conceito de calor específico (T.71). Ela usa escrita e gestos

que *cooperam* com sua fala para ilustrar como calcular os valores (*topológicos*) a partir da equação. Isso possibilita a construção de uma relação entre as diferentes variáveis em quantidades diferentes da unitária, em que o estudante A (que vem participando das discussões) se sente gratificado por acompanhar o raciocínio científico da professora (T.74 e T.76).

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|--|---|---|
| <p>77. P: na verdade o que a gente fez é isso aqui... quantos <u>gramas</u> a gente precisa... <u>o calor específico que é zero seis</u>... e quanto a <u>temperatura aumentou</u>... que é quantos graus ela aumentou</p> <p>78. A: ((Inaudível))</p> <p>79. P: <i>a massa são os grammas... vezes o calor específico que é do material... vezes quanto a temperatura aumentou ((alunos comentam))... ((73'51''))</i> a fórmula... ela representa numa linguagem simbólica ... matemática o que a gente pensa e o que a gente tira de resultado experimental ... daí que vem a fórmula na física ... então a física vai usar a fórmula como uma outra linguagem ... tudo o que a gente falou <u>aqui</u> ... tá aqui ... se eu fizer um grama vezes um... vezes dez...</p> | <p><u>Escreve unidades logo acima das incógnitas da equação</u></p> | <p>Aponta para $Q=m.c.\Delta\theta$</p> <p><i>Aponta a fórmula ponto por ponto</i></p> <p>Aponta gráfico</p> <p><u>Valores calculados na lousa</u></p> <p>Fórmula</p> |

A partir dos cálculos feitos com base nos calores específicos da tabela, P pôde, no turno 77, definir melhor a equação fundamental da calorimetria. Dessa forma, gesto e escrita *especializam* sua fala ao mostrar como os cálculos feitos a partir dos calores específicos estão relacionados (*topologicamente*) à equação (T.77 e T.79). Ela enfatiza isso no turno 79, atendendo a requisição de um aluno.

Essa estruturação matemática, que é a equação construída com os conceitos físicos desenvolvidos, proporcionou um *link* entre experiência e matemática, criando meios para a visualização na fórmula não só do aquecimento da água, mas também de outras substâncias, constituindo, dessa forma, uma generalização do laboratório aberto. Mais uma vez, isso foi possível devido à tradução que a professora fez da linguagem fenomenológica para a linguagem formal-matemática, utilizando-se dos recursos topológicos advindos das linguagens gestual, gráfica e aritmética, que deixaram claras as variáveis importantes e suas relações ligadas à geometria da situação.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|------------------|---|
| <p>80. <u>A</u>: professora... então tudo é transformado em fórmula... na física?</p> <p>81. P: você transforma o seu resultado numa fórmula... porque a fórmula é geral... se viu que aqui eu falei... agora eu vou mudar... e se for <u>zero seis</u> e se for zero onze... veja bem... para cada vez.... eu escrevo numa fórmula.... vale para qualquer um... <i>é só ir mudando ((Inaudível))... mudando a massa</i></p> <p>82. <u>A</u>: (a gente pensa do mesmo jeito)</p> <p>83. P: pensa do mesmo jeito... tá certo?</p> <p>84. A: ohh...</p> <p>((75' P começa a passar trabalho para alunos fala sobre fornecimento e perda de energia))</p> | | <p>Aponta cálculos</p> <p><u>Aponta lousa</u></p> <p><i>Aponta fórmula</i></p> |

No turno 80, um aluno questiona se a Física é construída apenas com fórmulas. P, no turno seguinte, mostra que a relação não é tão simples e que a equação construída generaliza os resultados da experiência para outras situações na medida em que ela constrói uma relação (*topológica*) entre variáveis. Os gestos usados pela professora *especializam* sua fala para explicar esses conhecimentos já que enfatizam os recursos *topológicos* das linguagens usadas para interpretar o aquecimento ou resfriamento dos materiais.

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|---|--------|
| <p>85. P: ah... uma coisa só antes de eu escrever... que agora eu lembrei... o que a gente fez pra aquecer.... vale pra esfriar... né... aumentar e diminuir temperatura é questão de ganhar ou tirar energia... aumentar agitação... diminuir agitação... então se eu vou fornecer energia para aumentar temperatura... eu vou perder energia para diminuir temperatura... vale do mesmo jeito... tá certo?</p> <p>((Alunos comentam enquanto P escreve na lousa 75")) ((No resto da aula os alunos trabalham sobre um texto))</p> | <p>“Representamos a quantidade de energia na forma de calor que um corpo recebe ou perde por Q, a massa do corpo por m e o calor específico por c. A variação de temperatura $\Delta\theta$ que o corpo sofre nessas condições, corresponde a quantos $^{\circ}C$ a temperatura aumenta ou diminui e é dada por $\Delta\theta = \theta_{depois} - \Delta\theta_{antes}$.</p> <p>Desse modo, podemos escrever:</p> $Q = m.c.\Delta\theta$ <p>conhecida como equação fundamental da calorimetria”</p> | |

No último turno, a professora enfatiza que a conclusão válida para o aquecimento das diferentes substâncias vale para o esfriamento e que isso está relacionado à perda e ganho de energia térmica (relacionada à agitação das moléculas).

Apesar de ela trabalhar sumariamente com os resfriamentos; nas aulas posteriores, esses conceitos foram desenvolvidos através de problemas.

Por fim, P usa a escrita para sistematizar os resultados construídos ao longo das últimas aulas. Nota-se que ela tem uma preocupação em traduzir a linguagem formal da Física (carregada de significados *topológicos* por envolver co-variações) para a linguagem fenomenológica.

Resumo do Episódio 3 – Tabela referente ao evento 3.4

| Evento 3.4 | Cooperação | | Especialização | |
|---|--------------------------------------|--|--|--|
| | Tipológico | Topológico | Tipológico | Topológico |
| <i>Dedução da Equação Fundamental da Calorimetria</i> | Escrita e desenho definem “c” (T.35) | Gráfico apóia leitura da equação (T.29) Escrita e gestos mostram a relação entre as variáveis (T.44) Escrita mostra a relação entre variáveis (T.48/50/63) Escrita e gestos indicam valores e suas relações (T.65/67) Escrita e gestos mostram como fazer os cálculos (T.71/73/75) | P aponta para termo novo (“c”) (T.33) Escrita e gesto definem as unidades de “c” (T.35) | Escrita matemática dos conceitos físicos (T.29) Tabela ajuda a entender o que é o calor específico (T.35) Reta define região de atuação da equação (T.44) Esquema mostra de forma mais precisa o que é calor específico (T.63) Gestos e escrita relacionam cálculos à equação fundamental (T.77/79) Gestos indicam como fórmula generaliza os resultados (T.81) |

Tabela 4.3.2. – Evento 3.4.: dedução da equação fundamental da Calorimetria

Nesse evento, a professora trabalhou com a escrita matemática junto com os conceitos envolvidos na equação fundamental da calorimetria, o que possibilitou uma

generalização do fenômeno estudado durante todo laboratório aberto para outras situações.

É interessante notar que essa característica híbrida (*tipológica* e *topológica*) da escrita matemática, que é uma peculiaridade da Matemática na Ciência (Lemke, 1998), foi bastante trabalhada, não ocorrendo uma manipulação mecânica dos símbolos matemáticos quando a professora utilizava as linguagens oral, escrita, gestual, gráfica e aritmética junto com seus recursos para fazer uma “ponte” entre o fenômeno e essa escrita específica. Ao mesmo tempo em que P define calor específico (T.35), um termo preciso (constituindo uma categoria *tipológica*); ela mostra como esse conceito relaciona variáveis de forma *topológica* (T.35, T.44, T. 48, T.63 etc).

A *cooperação* da escrita com as linguagens oral, gestual, gráfica e aritmética foi fundamental para que fosse enfatizada a relação entre a equação e os fenômenos de aquecimento dos materiais (T.44, T.48, T.50, T.63 etc), ou seja, destacando os significados *topológicos* do fenômeno.

Já a *especialização* dos significados foi importante para relacionar a *topologia* dos fenômenos de aquecimento à escrita mista entre *tipológico* e *topológico* da Matemática e da Física (T.29, T.35, T.44, T.63, T.77, T.79 e T.81) tal como Lemke (1998a, 1999) mostra ocorrer na Ciência. Isso também possibilitou uma tradução da linguagem fenomenológica e da gráfica para a linguagem algébrica tal como Klüsener (1998) mostra ser importante para a aprendizagem dos conteúdos matemáticos. Somando a essa linguagem algébrica os conceitos de calor, massa e calor específico, foi possível, ainda, desenvolver uma mais completa estruturação matemática dos conceitos físicos, o que está de acordo com a natureza dos conhecimentos da Física tal como é vista nos trabalhos de Robilotta (1988) e Pietrocola (2002).

Finalizando, a partir das linguagens e recursos usados pela professora para fazer essa tradução, foi possível criar um *link* entre o fenômeno de aquecimento e a equação fundamental da calorimetria, possibilitando a generalização dos resultados do laboratório aberto. A partir da linguagem algébrica, foi possível enxergar qualquer aquecimento e resfriamento de maneira similar à forma com que os cientistas estudados por Roth (2003) olhavam para seus gráficos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desta dissertação, buscamos verificar como as linguagens oral, escrita, visual, gestual e matemática, usadas por professora e alunos, cooperam ou especializam para construir os significados físicos em uma aula de laboratório aberto na passagem da tabela para a linguagem gráfica e desta para a linguagem algébrica. Isso é possível ao serem explicitados os recursos tipológicos e topológicos dessas linguagens.

Todo este trabalho também foi realizado com o objetivo de verificar o nível de enculturação científica que esse laboratório pode proporcionar, ou seja, o quanto de ciência esse tipo de proposta pode ensinar: desde seus produtos até os processos e atitudes envolvidos.

No caso, observamos como se deu o processo de estruturação matemática dos conceitos físicos tal como Robilotta (1988) e Pietrocola (2002) mostram na Ciência, incluindo os produtos dessa matematização – equação fundamental da calorimetria – e as atitudes envolvidas – enxergar o fenômeno nas linguagens matemáticas, semelhantemente ao que ocorreu nos laboratórios que Roth (2003) estudou.

Na passagem da tabela para o gráfico (episódio 1), foi importante o uso das linguagens oral, escrita, gestual e visual que a professora usou para a construção dos significados topológicos. Nesse sentido, foram fundamentais seus questionamentos que mantiveram o foco nesses significados.

O papel do professor também ficou evidente por meio da necessidade da especialização das linguagens para a construção dos significados topológicos. Isso proporcionou o desenvolvimento de uma “visão geométrica” do fenômeno, além de uma tradução da linguagem fenomenológica para as linguagens matemáticas (nessa etapa, a gráfica), que Klüsener (1998) deixa claro ser necessário para a aprendizagem da matemática.

Ainda, foi possível, nessa tradução, fazer com que o fenômeno do aquecimento da água pudesse ficar “visível” no gráfico. Isso é evidenciado nas falas de A17 e A22 nos turnos 26a e 27a.

Construído o gráfico, iniciou-se o processo de tradução da linguagem gráfica para a algébrica (episódio 2) sem perder de vista a fenomenológica. A professora pôde desenvolver isso através da cooperação das linguagens oral, escrita e visual, dando ênfase aos seus significados topológicos, que serviram para retomar a relação entre as variáveis e como referência para a especialização dos significados dos números na equação.

Ao esclarecer o que é cada termo da equação; ou melhor, que o coeficiente angular está relacionado à velocidade de aquecimento e o coeficiente linear é a temperatura inicial, usando os recursos apresentados no parágrafo anterior, a professora também criou condições para que o fenômeno transparecesse no gráfico. Isso é visto na fala de A3 (T.15 e T.17) que, ao observar a equação gerada por outro grupo, fica impressionado com a alta velocidade de aquecimento obtida.

Especializados os significados dos coeficientes das equações dos alunos, a professora pôde chamar a atenção para outra característica da atividade científica: o teste de hipóteses. Isso já havia sido feito, porém, as linguagens usadas não foram suficientes para uma discussão completa. Nesse ponto da aula, somente a cooperação das linguagens foi importante para enfatizar os pontos relevantes já que os significados topológicos já haviam sido construídos por meio das especializações do evento anterior (2.3).

É interessante notar que duas hipóteses não concordaram com os resultados experimentais e como a professora não dispunha de tempo para refazer a experiência, ela expôs as posições da Ciência. Logo, em todo esse episódio, ela cria condições para a visualização do fenômeno no gráfico ao mostrar como observar, nas equações, as hipóteses formuladas. A evolução do entendimento de A2 nos turnos 79 e 84 e da fala de A14 no turno 80 corroboram esse fato.

Depois de estruturar matematicamente os conhecimentos físicos, a professora iniciou a introdução de novos conceitos para interpretar o fenômeno (calor e calor específico). Isso começou a ocorrer em uma aula dupla, que não foi analisada por não envolver a matemática, entre os episódios 2 e 3.

Assim, no episódio 3, a professora, efetivamente, introduz esses novos conceitos e reinterpreta o fenômeno e o gráfico a partir deles, possibilitando a dedução da equação fundamental da calorimetria.

A cooperação das linguagens foi importante para reforçar os novos conceitos, sendo interessante que, ao enfatizar o termo científico com a escrita, P coloca em cena os significados tipológicos ao mesmo tempo em que seus gestos e desenhos, somados ao uso de uma tabela, enfatizam a relação entre essas novas variáveis, o que remete a significados topológicos. Dessa forma, é desenvolvida a característica híbrida da matemática das ciências, que junta categorias tipológicas com topológicas tal como Lemke (1998a e 1999) verifica na Ciência.

A relação entre esses recursos é amparada pela especialização das linguagens, que introduz a relação topológica entre a forma de aquecimento e o tipo de material, o que remete ao calor específico, mais bem trabalhado no evento posterior (3.4).

Dessa maneira, a professora cria condições para a visualização do fenômeno nos conceitos físicos estruturados matematicamente, o que tem continuidade no evento seguinte na medida em que ela desenvolve a escrita híbrida da matemática da Física relacionando os conceitos com o fenômeno. Para tal fim, ela faz uso dos recursos topológicos da linguagem escrita da matemática e da gestual para enfatizar a relação entre a linguagem gráfica e a fenomenológica.

A especialização dos significados foi importante para relacionar matematicamente os tipológicos com os topológicos e, principalmente, para ligar o conceito de calor específico à forma como os diferentes materiais aquecem ou resfriam.

Com isso, foi possível fazer uma tradução entre a linguagem algébrica e a matemática, possibilitando uma visão geométrica da situação e fazendo com que os fenômenos de aquecimento e resfriamento ficassem transparentes na equação fundamental da calorimetria, sendo outra característica da Física, ou seja, a generalização dos resultados.

Dessa forma, podemos afirmar que a partir do trabalho desenvolvido pela professora, explicitando as diversas facetas do fenômeno através dos recursos tipológicos e topológicos, além de usar simultaneamente as diversas linguagens

mencionadas, com suas relações de cooperação e especialização, foi possível o desenvolvimento de diversas características da atividade científica (em especial da Física), a mencionar: problematização de uma situação, levantamento de hipóteses (incluindo o uso das noções teóricas já conhecidas e a argumentação), planejamento de uma experimentação e definição das condições de execução e de coletas de dados, realização da experimentação junto com o teste de algumas hipóteses e a coleta de dados e análise deles.

Essa última característica é uma das mais difíceis de realizar e como foi visto na nossa análise, levou aproximadamente três aulas duplas e ocorreu na medida em que foi construída uma estruturação matemática dos conceitos físicos, igual a proposta por Robilotta (1989) e Pitetrocola (2002) para a Física, desde a passagem dos dados da tabela para linguagem gráfica, incluindo a verificação dos potenciais e limitações da tabela (Capecchi, 2004), e da gráfica para a algébrica, possibilitando a generalização dos resultados a partir da equação fundamental da calorimetria. Nesse processo, como ocorre na Ciência (Roth, 2003), a professora criou condições para que os estudantes olhassem as diversas linguagens matemáticas das quais a Física se apropria, da mesma forma que fazem os físicos, ou seja, como se fosse uma “lente” para enxergar o fenômeno.

Portanto, podemos afirmar que o nível de enculturação científica promovida pelas aulas de laboratório aberto vai além da simples aquisição de algumas práticas e conceitos da Ciência. Essas aulas, junto com a forma de trabalho da professora, criaram condições para uma enculturação que inclui os aspectos mencionados junto com as linguagens científicas e dentro dessas a matemática, desde a linguagem gráfica até a algébrica. Assim, podemos falar em uma enculturação na matemática da Ciência.

Uma importante implicação deste trabalho é destacar em trabalhos de formação inicial e continuada de professores a importância do uso das linguagens oral, escrita, visual, gestual e matemática, com seus recursos tipológicos e topológicos e a necessidade da cooperação e da especialização entre elas para promover uma visão do fenômeno nelas.

Para trabalhos futuros, pretendemos estudar alunos praticando essa linguagem matemática em problemas abertos, a fim de verificar o amadurecimento deles durante sua resolução.

REFERÊNCIAS⁷

AIKENHEAD, G.S. Science education: border crossing into the subculture of science. **Studies in Science Education**, v. 27, p. 1-52, 1996.

ALMEIDA, M.J.P.M. Mediation By Texts And Teachers Representations In Physics Education. In: BERNARDINI, C. (Org.). **Thinking Physics for Teaching**. 1 ed. New York, 1995. p. 413-418.

ALMEIDA, M.J.P.M. The Role Of Everyday And Formal Language In High School Physics Education And Representations In Scientific Texts. In: PINTO, R.; SURINACH, S. (Orgs.). **Physics Teacher Education Beyond 2000**. Paris, 2001. p. 369-372.

ALMEIDA, M.J.P.M. **Discursos da ciência e da escola: ideologia e leituras possíveis**. Campinas, SP: Mercado das Letras, 2004.

CAPECCHI, M.C.M. & CARVALHO, A.M.P. A construção de um ambiente propício para a argumentação numa aula de física. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 15, 2002, Sociedade Brasileira de Física. **Atas....** 2002. 1-18 [CD-ROM].

CAPECCHI, M.C.M. **Aspectos da Cultura Científica em Atividades de Experimentação nas Aulas de Física**. 2004. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CAPECCHI, M.C.M. Argumentação numa aula de Física. In: CARVALHO, A.M.P. (ed.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004b. p. 59-76.

CARVALHO, A.M.P. Metodología de investigación en enseñanza de física: una propuesta para estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje. **Revista Enseñanza de la Física**, v.18, n.1, p.29-37, 2005.

CARVALHO, A.M.P.; SANTOS, E.; AZEVEDO, M.C.; DATE, M.; FUJII, S. & NASCIMENTO, V.B. **Termodinâmica: um ensino por investigação**. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1999.

COBERN, W.W & AIKENHEAD, G.S. Cultural aspects of learning science. In: FRASER, B.J. & TOBIN, K.G. (Ed.). **International Handbook of Science Education**, Kluwer Academic Publishes, 1998. v.1, p.39-52.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. & SCOTT, P. Construindo o conhecimento científico na sala de aula. **Química na Nova Escola**, n.9, p.31-40, maio, 1999.

⁷ De acordo com: Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ERICKSON, F. Métodos Cualitativos de Investigación sobre la Enseñanza. In: WITTRICK, M. (comp.) **La investigación de la enseñanza, II. Métodos Cualitativos y de Observación**. España: Paidós, 1989.

ERICKSON, F. Qualitative research methods for science education. In: FRASER, B.J.; TOBIN, K.G. (Ed.). **International Handbook of Science Education**. Kluwer Academic Publishers, 1998. v. 2, p.1155-1173.

GEERTZ, C. **The interpretation of cultures**. New York: Basic Books, 1973.

GIL PÉREZ, D.; FURIÓ MAS, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; GUIASOLA, J.; GONZÁLEZ, E.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFFARD, M. & CARVALHO, A.M.P. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las ciencias**, v.17, n.2, p.311-320, 1999 (a).

GIL PÉREZ, D.; CARRACOSA ALÍS, J., DUMAS-CARRÉ, A.; FURIÓ MAS, C.; GALLEGO, R., DUCH, A.G.; GONZÁLEZ, E.; GUIASOLA, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; CARVALHO, A.M.P.; SALINAS, J.; TRICÁRICO, H. & VALDÉS, P. ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? **Enseñanza de las ciencias**, v.17, n.3, p.503-512, 1999 (b).

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I.F.; ALIS, J.C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

KLÜSENER, R. Ler, escrever e compreender a matemática, ao invés de tropeçar nos símbolos. In: NEVES, I. C. B.; SOUZA, J. V.; SCHÄFFER, N. O. et. al. (orgs). **Ler e escrever: compromisso de todas as áreas**. Porto Alegre: UFRGS, 1998. p.175-89.

KOSMINSKY, L. & GIORDAN, M. Visões de ciências e sobre cientista entre estudantes do ensino médio. **Química nova na escola**, n.15, p.11-18, 2002.

LEMKE, J. Multiplying Meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: Martin, J.; Veal, R. (eds.). **Reading Science**. Londres: Routledge, 1998a.

LEMKE, J. Qualitative research methods for science education. In: FRASER, B.J. & TOBIN, K.G. (Ed.). **International Handbook of Science Education**, Kluwer Academic Publishers, v. 2, p. 1175-1189, 1998b.

LEMKE, J. L. Teaching all the languages of science: words, symbols, images and actions. In: CONFERENCE ON SCIENCE EDUCATION, 1998, Barcelona. Disponível em: <http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/sci-ed.htm>. Acesso em: março de 2005.

LEMKE, J. Typological and Topological Meaning in Diagnostic Discourse. **Discourse Processes**, v.27, n.2, 173-185, 1999.

LEMKE, J.L. Mathematics in the Middle: Measure, Picture, Gesture, Sign, and Word. In: ANDERSON, M., SAENZ-LUDLOW, A., ZELLWEGER, S.; CIFARELLI, V. (eds.). **Educational Perspectives on Mathematics as Semiosis: From Thinking to Interpreting to Knowing**. Ottawa: Legas Publishing. 2002. p. 215-234.

MÁRQUEZ, C. IZQUIERDO, M. & ESPINET, M. Comunicación Multimodal en la Clase de Ciencias: El Ciclo Del Agua. **Enseñanza de las Ciencias**, v.21, n.3, p. 371-386, 2003.

MOREIRA, E.F. **Ensino por Investigação: Ensinando e Aprendendo a Cultura da Ciência**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MORTIMER, E.F. & MACHADO, A.H. A linguagem numa aula de ciências. **Presença Pedagógica**, v. 2, n.11, p. 49-57, 1996.

MORTIMER, E.F. **Evolução do Atomismo em Sala de Aula: Mudança de Perfis Conceituais**. 1994. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

NASCIMENTO, V.B. A natureza do conhecimento científico e o ensino de ciências. In: CARVALHO, A.M.P. (ed.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 35-57.

PATY, M. **A matéria roubada**. São Paulo: Edusp, 1995.

PICCININI, C. & MARTINS, I. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. Ensaio. **Pesquisa em Educação em Ciências**, v.6, n.1, p.26-40, 2004.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, v.17, n.1, p.93-114, 2002.

PRETI, D. (org.) **O discurso oral culto**. São Paulo: Humanitas, 1997.

REIGOSA, C.; CARLOS, E.; JIMÉNEZ, A. & MARÍA, P. La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v.18, n.2, p.275-284, 2000.

ROBILOTTA, M.R. O cinza, o branco e o preto: da relevância da história da ciência no ensino de física. **Cadernos Catarinenses de Ensino de Física**, n.5 (número especial), p.7-22, 1988.

ROTH, W-M. & LAWLESS, D. Science, culture and the emergence of language. **Science Education**, v. 86, n.3, p.368-385, 2002.

ROTH, W-M. Competent workplace mathematics: How signs become transparent in use. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, v.8, n.3, p.161-189, 2003.

SOUSA, C.M.S.G. & FÁVERO, M.H. Concepções de professores de física sobre resolução de problemas e o ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.3, n.1, p.14-21, 2003.

SUTTON, C. Los Profesores de Ciencias como Profesores de Leguaje. **Enseñanza de las Ciencias**, v.21, n.1, p.21-25, 2003.

YORE, L.D.; BISANZ, G.L.; HAND, B.M. Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. **International Journal in Science Education**, v.25, n.6, p.689-725, 2003.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. 1989. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

Apêndice – NORMAS DE TRANSCRIÇÃO

As transcrições foram baseadas em Preti (1997) e Capecchi (2004). Em todo lugar que aparecia algum tipo de pausa, foram empregadas reticências, com exceção do ponto de interrogação.

Seguem os sinais usados para transcrever as gravações:

() para hipóteses do que se ouviu;

(()) para a inserção de comentários

:: para indicar prolongamento de vogal ou consoante, por exemplo: “éh:::”;

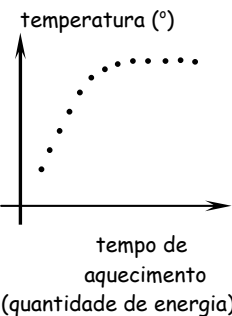
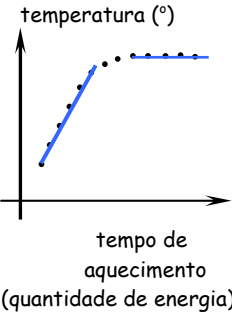
/ para indicar truncamento de palavras; por exemplo: “o pro/ ... o procedimento...”;

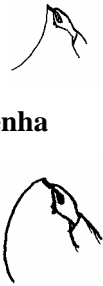
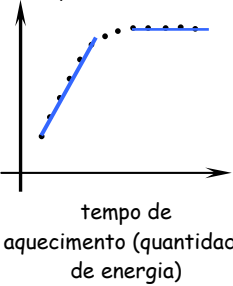
- para silabação, por exemplo: “di-la-ta-ção”;

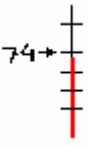
Letras maiúsculas para entonação enfática;

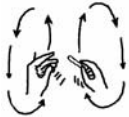
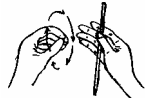
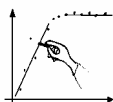
-- para quebras na seqüência temática com inserção de comentários, por exemplo: “as partículas de arame -- que é um sólido -- se afastam...” (Capecchi, op. cit.).


Anexo 1 – TRANSCRIÇÃO AULA 7 (31-05-2000)

| Linguagem Oral | Visual | Gestos |
|--|---|---|
| <p>38. P: bom ... vamos prestar atenção um pouquinho ... eu pedi pra não unir os PONTOS ... nós não estamos fazendo um gráfico de matemática ... o gráfico de matemática é uma equação exata... você... faz valores para o x ((45')) ... calcula o y...((comentários de alunos)) dá tudo certinho bonitinho ... nós NÃO sabemos... o resultado desse gráfico...nós temos uma SÉRIE de medidas... colocamos no gráfico pra ver o que que acontece...e todo mundo teve uma coisa mais ou menos... assim... tá... como eu:: circulei por aí... eu vi como ficava o desenho ... <u>ficou mais ou menos isso aqui... né...</u></p> <p>4. A2: É</p> <p>5. A?: Ficou...</p> <p>28. P: Né...</p> <p>29. A2: ahnham...</p> <p>30. A7: é ...</p> <p>31. A4: Mas... ()</p> | <p><u>Desenha pontos no gráfico</u></p>  <p>temperatura (°)</p> <p>tempo de aquecimento (quantidade de energia)</p> | |
| <p>32. P todo mundo... teve... <u>uma parte... em que a temperatura... vai aumentando...</u> que corresponde a essa parte inclinada... depois aqui teve um espacinho que dá uma... dá uma curvadinha... né...num é uma coisa muito RETA...e depois... estabilizou aqui a temperatura... DÁ pra gente perceber ... QUE ((46')) ... ISSO AQUI PARECE uma reta... isso aqui parece OUTRA reta... aqui não porque aqui:: dá uma curvada... mas... não dá a impressão... OLHANDO SÓ OS PONTOS... por isso que eu pedi pra não ligar... só os pontos... que aqui a gente tem uma reta... aqui teria uma curvinha... e depois emenda com uma outra reta horizontal?</p> <p>33. A: ahnham...((alunos respondem juntos))</p> <p>34. A?: Mais ou menos...</p> <p>35. P: Se... a gente pegar a régua... e colocar...</p> <p>36. A?: () reta...</p> <p>37. P: não vai dá uma reta...</p> <p>38. A17: não ...</p> | <p><u>Desenha duas retas no gráfico</u></p>  <p>temperatura (°)</p> <p>tempo de aquecimento (quantidade de energia)</p> | <p><u>Simula reta ascendente</u> Acompanha pontos do gráfico com a mão</p> |
| <p>39. P: <u>mas tudo mos-tra ...</u></p> <p>40. A?: ...que é uma reta...</p> <p>41. A17: que é uma reta ... ah ... puxa ...</p> <p>42. P: como é que a gente resolve isso?</p> <p>43. A5: a minha não deu uma reta...</p> | | <p><u>Simula reta ascendente</u></p> |

| | | |
|---|--|--|
| <p>44. A18: essa aqui não deu reta...</p> <p>45. P ela NUM:: DÁ um reta... mas também num dá uma figura diferente... a gente percebe que... o que acontece aqui:: é que ... aumenta um pouquinho diminui um pouquinho... num tem uma re-gu-la-ri-da-de... que eu pudesse falar... olha:: <u>isso tá acontecendo assim... ou isso tá acontecendo assim... ((47'))</u> né... ela tem todo jeito de uma reta... só que n/ dá... PRE-CI-SA-MEN-TE uma reta...</p> <p>46. A17: como é que fica aqui...</p> | <p><u>Desenha na lousa</u></p>  <p>Desenha</p> | |
| <p>23. P: por que será... que não dá uma reta exata?</p> <p>24. A17: porque a temperatura... é::... variada?</p> <p>25. P: como variada?</p> <p>26. A17: ah::... num tem::... é::... ela num segue... <u>os números certinhos</u>... ela... ela... pula de um número pra outro...</p> <p>27. A22: ela sobe e desce...</p> <p>28. P: mas porque... que ... ela sobe e desce... será:: que... se a gente conseguisse condições melhores de trabalho... ((comentários de alunos)) mais reta...((comentários de alunos)) que será... que será que... pode ter influenciado... a nossa medida... pra num ficar uma reta bonitinha... se tem toda a cara de que aquilo devia ser uma reta?((alunos fazem comentários relacionados à discussão e há também conversa))</p> <p>29. A7: professora num é () fatores caóticos ...</p> <p>30. P: ah ... ah ... gente ele tá falando em fatores caóticos ...</p> <p>31. A7: aprendi no computador professora ... é tudo assim ... fatores caóticos ...</p> <p>32. P: ((48'30')) que que a gente... que que a gente pode ter... ahn... facilitado... ou ajudado um pouquinho... a que num ficasse tudo alinhadinho? ((2')) será que... na hora de olhar o termômetro...</p> <p>33. A17: não...</p> <p>34. P: a gente teve precisão...o suficiente na leitura?</p> <p>35. A22: é::</p> <p>36. A?: não...</p> <p>37. P: será que num deu umas aproximadas na hora de ver o termômetro</p> <p>38. A4: não... a gente não ...</p> <p>39. A17: a gente leu exatamente... (onde estava)...</p> <p>40. A5: ((49')) professora eu acho que o que tá errado é a ()</p> <p>41. P: a física trabalha em cima de dados da realidade e a gente vai ver a posição teórica</p> | <p>Gráfico na lousa com pontos marcados conforme a professora observou nos trabalhos dos alunos</p>  <p><u>Simula reta horizontal</u></p> | |

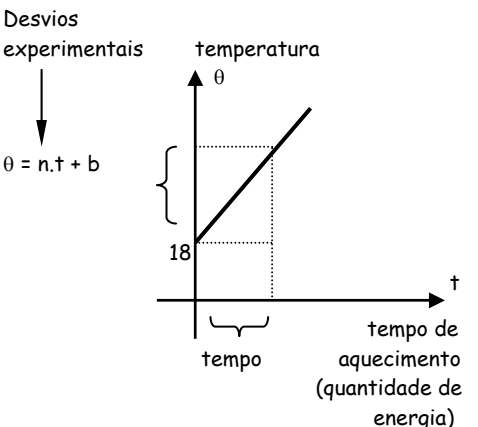
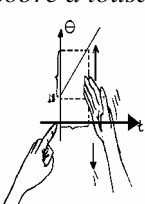
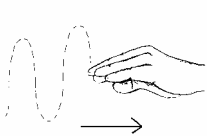
| | | |
|---|---|---------------------------------------|
| <p>42. A4: por isso que não existe explicação pra isso professora ...</p> <p>43. P: lógico que existe explicação ... por que os nossos pontos num ficaram exatamente alinhados?... será que na hora de falar que ‘já’ no tempo... ((há muita conversa na sala e P dá bronca)) será:... ahn... a hora da leitura cês tão garantindo que foi perfeito...</p> <p>44. A17: foi ...</p> <p>45. P: ninguém mudou de posição na hora de tirar o termômetro? o termômetro não mudou... porque a gente tinha combinado que não ia MUDAR... então acredito que ninguém ficou mexendo o termômetro dentro d'água... se alguém mexeu... isso pode ter influenciado...agora... será que a posição DA PESSOA ler ... que mudou?</p> <p>46. A4: claro ... ((50')) ((bate o sinal e a professora interrompe a aula / intervalo de 5' / alunos demoram para voltar e há muita agitação na sala ~8'))</p> | | |
| <p>2. P: ((grande agitação na sala, professora procura retomar o tema)) ((63'18")) primeira coisa ... teve gente que arredondou e não tá querendo falar isso ... <u>cê tem o tracinho do termômetro aqui ... se o mercúrio tava - - vamos considerar esta marca 74 - - se o mercúrio tava QUASE no 74 ... mas não era exatamente 74 ... falou que era ((64')) ... isso muitas vezes acontece ... a diferença sendo pequenininha a gente arredonda pra cima</u></p> | <p>P segura um termômetro na mão</p> <p>Desenha</p>  | <p><u>Aponta desenho na lousa</u></p> |
| <p>2. P: outro problema que pode ter acontecido ... nós temos um problema de sincronia ... um tava vendo o relógio ... o outro tava vendo o termômetro ... então ... entre o cara falar “já” e o outro ler ...</p> <p>3. A12: e o outro escrever...</p> <p>4. A?: é imprecisão ... né</p> <p>5. P (a): pode ter dado uma diferencinha ... é uma IMPRECISÃO ... não é um ERRO ... ((estudantes comentam ~9"))</p> <p>5. P (b): cês sabem que tem uma coisa chamada TEMPO de reação?</p> <p>6. A: ahn</p> <p>7. P: tem uma coisa ... nosso organismo humano é limitado ... a gente gasta algum TEMPO pra reagir ... entre o de você ver e você for tomar alguma atitude leva sempre algum tempo ... mesmo que seja pequeno ... ((estudantes comentam enquanto P está falando))</p> | | |

| | | |
|--|--|--|
| <p>8. P: ((65')) outra coisa ... como é que a água esquentava? 9. Alunos: no fogo ... 10. P: que PROCESSO que ela esquentava? 11. A24: as moléculas se agitam ... 12. P: ahn... 13. A24: as moléculas se agitam ... 14. P: as moléculas se agitam ... 15. A1: então ... as quentes vão pra cima ... 16. P: <u>ai ... sobem as que tão mais quentes ... descem as que estão mais frias ... a água toda tá com a mesma temperatura ao mesmo tempo?</u> 17. As: não ... 18. P: não... pode ter acontecido de o termômetro ter recebido água ... uma hora um pouco mais quente ... outra hora um pouco mais fria... por causa da convecção? 19. A4: claro ... 20. A7: pode ... 21. A: é::... 22. P: a diferença seria grande? 23. As: não... 24. A: sim ... 25. P: <i>a diferença que a gente tem aqui é grande?...não...</i> 26. S: num falei?</p> | <p>Mostra termômetro</p> | <p><u>Gesticula</u></p>  <p>Gesticula</p>  <p><i>Aponta gráfico na lousa e faz gesto de negação com a mão</i></p> |
| <p>27. P: então... tem fatores que interferem ... não são o que a gente poderia chamar de um erro ((66')) - - <u>um erro seria você estar aqui marcando setenta e quatro e você dizer que era CINQUENTA e quatro ... né ... então</u> ((alunos comentam)) <u>ai é um erro ... mas ai aparece rapidinho no gráfico...</u> porque o ponto vai estar <i>fora de lugar ... MUITO longe ... ai cê fala 'êpa ... aconteceu algo estranho ... por que que só esse ponto tá sozinho nesse ponto' ... né ... OU ... só o ponto que tá aqui embaixo ... né - - como é que o tempo passou e não aumentou a temperatura? - - então essas pequenas coisas a gente chama de <u>DESVIO EXPERIMENTAL</u> ...</i></p> <p>28. A: professora ... o que é esse desvio experimental? 29. A: o que é esse desvio experimental?</p> | <p><i>Desenha ponto discrepante</i></p>  <p>Desenha outro ponto discrepante no gráfico</p> | <p><u>Indica escala desenhada na lousa</u></p> <p>Aponta gráfico na lousa</p> <p><u>Escreve no quadro</u></p> |
| <p>30. P: este desvio experimental são aquelas pequenas diferenças que acontecem quando a gente faz uma medida... é impossível acabar com todos desvios... tá ... a gente sempre interfere de algum jeito ... sempre vai dar uma diferencinha ... então ... o que a física vai fazer? ((67')) ... vai estudar a regularidade ... SE FOSSE sem desvio teria uma reta <u>aqui</u>... então ... nós vamos SUPOR como seria essa reta se não houvesse desvio ... por isso eu falei que não era pra unir os pontos ... nós vamos traçar uma coisa que a gente chama em experiência de RETA MÉDIA ... nós vamos traçar aqui meio::: na observação ... sem fazer o processo que</p> | | <p><u>Reforça reta no gráfico desenhado na lousa</u></p> <p>Escreve na lousa</p> |

| | | |
|---|--|--|
| <p>existe pra fazer uma reta ... que é mais perfeito ... é estatístico ... mas envolve cálculos complicados e tal - - infelizmente a gente não tem - - mas se tivesse um computador ... o computador ajusta a reta direitinho ... põe a melhor reta pra gente ... né ... é que a gente não tem computador pra todo mundo ((alunos comentam)) ... ((68'14)) nós vamos traçar essa reta média ... como que a gente vai traçar? Olhando pr/os pontos ... e <u>tentando colocar a régua sobre os pontos ... pegando de preferência o lado que não está escrito da régua</u> - - pra gente poder enxergar o que tá passando do outro lado - - e <i>vamos tentar colocar a régua aqui em cima</i> ... tentando seguir dois critérios ... <u>número de pontos</u> ... se a gente conseguir deixar dois pra cima da reta ... dois pra baixo ((69'))</p> <p>31. A.: como?</p> <p>32. P: tentando ... se não der ... a gente pode deixar - - por exemplo - - um mais longe ... que vai equilibrar com dois mais pertinho</p> | <p>Mostra escala da régua de um aluno</p> <p><i>Põe régua sobre gráfico</i></p>  <p>Desenha ponto no gráfico</p> | <p><u>Simula reta</u></p> <p><u>Escreve na lousa</u></p> |
| <p>33. A: tá ...</p> <p>34. P: nós vamos tentar traçar uma reta MÉDIA...</p> <p>35. A: sim...</p> <p>36. P: tá ... então ela vai estar ... ela num vai ter que passar pelos pontos ... não vai dar pra passar ... <u>mas a gente vai tentar acertar a posição da régua pra achar uma reta</u> ... <u>aqui em cima tá mais fácil</u> ... né ... <i>as diferenças são muito pequenas ... então pra você traçar a reta cê vai conseguir facilmente traçar a reta daqui</i> ... e onde seria a curva deixa só os pontinhos da curva lá e não mexe ... nós vamos ter um gráfico assim ... uma reta aqui e outra reta lá ... eu vou ajudar a traçar ((69'40')) ((vai até carteiras dos alunos ~ 18'20'))</p> | <p>Parte superior do gráfico</p> <p>Lousa</p> | <p><u>Move a régua com as mãos, mostrando diferentes inclinações</u></p> <p><i>Reforça pontos do gráfico e reforça reta horizontal</i></p> |
| <p>Linguagem Oral</p> | <p>Visual</p> | |
| <p>19. P: ((99'50')) que que a gente fez aqui?</p> <p>20. A: nada ...</p> <p>21. P: tinha uma função - - cês chamam de equação ... mas é uma função - - <u>da função eu fiz uma tabela ... da tabela eu fiz o gráfico</u> ... que que a gente fez no laboratório? a gente partiu PARTIU da tabela e fez o gráfico ... será que dá pra gente achar ... <u>do gráfico a função?</u></p> <p>22. A: ()</p> <p>23. As: não...</p> <p>24. A17: dá sim ...</p> <p>25. As: dá ((100')) ...</p> <p>26. A17: por incrível que pareça dá ...</p> <p>27. P: por incrível que pareça dá ... ((há grande agitação na sala)) ...</p> <p>28. A14: professora ... então vai em função da temperatura...</p> <p>29. P: se a gente achar ...</p> <p>30. A14: matemática não é com eles ...</p> <p>31. P: se a gente achar - - <u>aqui</u> a gente tem uma função yx que é só número matemático - - ((A: é só número)) agora ... no</p> | <p>Desenha uma flecha na lousa apontando para a função</p> <p><u>Faz uma flecha ligando a função à tabela</u></p> <p><i>Faz flecha ligando tabela ao gráfico</i></p> <p>Faz flecha da tabela para o gráfico</p> <p><u>Faz flecha do gráfico para função</u></p> <p><u>Lousa</u></p> <p>Desenha um plano</p> | |

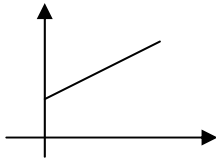
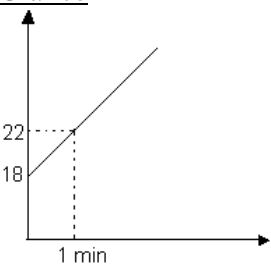
| NOSSO caso ... se eu achar uma função ... eu vou estar relacionando temperatura com o quê? | cartesiano na lousa |
|---|----------------------------|
| <p>32. A14: tempo ...</p> <p>33. P: que TEMPO é esse?</p> <p>34. A14: de aquecimento ...</p> <p>35. A4: _____de aquecimento ...</p> <p>36. P: corresponde a QUANTO de energia eu forneci pra aquele material ((101')) ... então eu vou achar um jeito matemático de relacionar temperatura com o tempo ... o que a gente falou em palavras - - quanto mais massa aquece mais devagar ... quanto mais energia eu fornecer ... eu aqueço mais rápido - - eu vou traduzir isso numa forma numérica ... ((4 minutos finais não são suficientes para próxima etapa, P acaba aula mais cedo))</p> | |

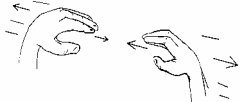
Anexo 2 – TRANSCRIÇÃO DA AULA 8 (14/06/00)


| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|---|
| <p>1. P: ((39')) se eu verificar quanto que aumentou o meu y na unidade... em cada t ... de cada x ... eu acho a <u>inclinação</u> ... então ... nós vamos fazer o seguinte ... nós vamos -- agora a gente só vai olhar para nossa reta ... tá ... depois que a gente fez o gráfico usando os pontos do laboratório e achamos que aquela reta era a melhor ... agora é ela que tá valendo -- então a gente vai descobrir onde <i>ela bate no eixo da temperatura</i> ... e depois vem aqui <i>no um minuto</i> ... Segue a linha de um minuto até encontrar a reta e vê que número que ela bate aqui [eixo y] ... depois a gente vê Quanto aumentou e este valor vem pra cá ... eu vou escrever um roteirinho ((40'))</p> | <p>Lousa:</p>  | <p>Indica eixo do tempo</p> <p><u>Indica coeficiente angular na equação genérica</u></p> <p>Reforça reta do gráfico</p> <p><i>Sobre a lousa</i></p>  <p>Indica o coeficiente linear da função</p> |
| <p>((P de frente para a turma))</p> <p>2. P: então cada um ali ((42'41')) vai olhar NO SEU gráfico e ver onde <u>a reta que a gente desenhou na aula passada tá encostando no eixo da temperatura</u> ... contar direitinho os milímetros ali pra ver se dá 26° ... 16° ... 18°... 19°... 15°... ((43')) porque <i>pode haver variações</i>... nesse tempo do próprio grupo pode ter variações.</p> <p>3. A: como?</p> <p>4. P: lógico... a lousa está desenhada no olho ... né? se agente tivesse feito um ajuste no computador a reta do grupo daria tudo igual ... mas como nós fizemos no olhometro pode ser que um ficou um pouquinho mais pra lá... outro mais pra cá ((43'19'))</p> <p>((P vai até o grupo do aluno que está perguntando e responde uma série de questões))</p> | <p>Roteiro na lousa:</p> <p>“O gráfico correspondente ao aquecimento da água corresponde ao gráfico de uma função de 1º grau, ou seja,</p> <p>$y = ax + b$.</p> <p>No nosso caso y é a temperatura (θ) e x é o tempo de aquecimento (t), portanto nossa função será:</p> <p>$\theta = at + b$.</p> <p>O valor de b corresponde à temperatura inicial θ_0, ou seja, o valor da temperatura em $t = 0$:</p> <p>$b = \dots\dots\dots$”</p> | <p><u>Indica no gráfico</u></p> <p><i>Oscila a mão com a palma para baixo</i></p>  |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |


| | | |
|--|--|----------------------|
| <p>5. A: a mais... aonde...</p> <p>6. P: não... lá.</p> <p>7. A: o professora!</p> <p>8. P: oi.</p> <p>9. A: <u>o nosso aqui deu</u> ((inaudível))</p> <p>10. P: <u>ahn?</u> ((P vai até o grupo do aluno que está perguntando e responde uma série de questões))</p> <p>11. A: ((inaudível))</p> | | |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> <p>12. P: não é 10 graus... é de 18 graus até o 30 ... dá 12 graus ((no grupo))</p> <p>13. A: 12... professora</p> <p>14. P: 12 graus mais 12 minutos bom não dá isso exatamente... ((inaudível))... 29... então são 11 graus em 2 minutos ... então... em cada minuto... 5 graus e meio...</p> <p>15. A3: vocês tavam usando maçarico... mano ((Provavelmente olhando os dados do grupo que a professora estava ajudando, do qual ele não fazia parte))</p> <p>16. P: então... aí depende das condi - - nós vamos ver - - depende das condições de cada grupo ((44'))</p> <p>17. A3: por exemplo ele usou um maçarico...</p> | <p>Visual / Escrita</p> | <p>Gestos</p> |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> <p>18. P: quem fez com mais lamparina... quem fez menos com menos lamparina ... quem usou mais água ou menos água ...</p> <p>19. A15: a gente usou mais água...</p> <p>20. A: é então foi isso</p> <p>21. P: pelo resultado da outra classe seu resultado tá bom.</p> <p>22. P: Pronto? ((Para a sala toda)) ((44'19"))</p> <p>((P apaga parte da lousa onde estavam a função $\theta = a.t + b$ e seu respectivo gráfico e <u>continua escrevendo o roteiro</u>))</p> <p>23. A: calma ai professora não apague o do lado não ... de cima</p> <p>((P continua escrevendo roteiro na lousa durante 2'))</p> <p>24. <u>P: nós medimos cada dois minutos?</u></p> <p>25. As: isso... é</p> <p>((P continua escrevendo, enquanto alunos conversam e copiam 30" / aguarda alunos copiarem 35" / apaga outra parte da lousa (revisão de matemática) e <u>volta a escrever 1'27"</u>))</p> <p>26. P: <u>cada um vai preencher de acordo com SEU gráfico ... ((49'))</u> cada um vai preencher de acordo com seu gráfico os</p> | <p>Visual / Escrita</p> <p>“O valor de a corresponde à <u>inclinação do gráfico, ou seja, a quantos °C a temperatura aumenta a cada minuto. Para obter o valor de a verificamos que a temperatura correspondente a 1 minuto é $\theta = \dots\dots\dots$, ou seja, “</u></p> <p>“em 1 minuto a</p> | <p>Gestos</p> |

| | | | | | |
|---|---|--|-------|---------|----------------------|
| <p>pontinhos do texto ... né? Aí vocês ficam com uma coisa organizadinha ... como é que se fez pra achar a função</p> <p>27. A2: professora ... ((P vai até a aluna))</p> <p>28. A2: a distância entre dois pontos... (())</p> <p>29. P: é 18</p> <p>30. A2: em um minuto de aquecimento, a distância...</p> <p>31. P: <i>entre 45 são ... 17 ... dividido por dois ... é em cada minuto ... em cada minuto... você pode olhar aqui ó ... em um minuto vai dar Quanto? Vinte e ... ((inaudível / sinal para segunda aula toca⁸))((50’))</i></p> <p>32. P: <u>então vai ficar oito t mais vinte e</u> ((inaudível))</p> <p>33. A2: oito t é a temperatura? ((P continua ajudando A2 /inaudível 50’))</p> <p>34. A: professora eu não estou conseguindo enxergar ((51’))</p> <p>35. A15: do outro lado ... da metade pra lá eu não consigo enxergar</p> <p>36. P: onde?</p> <p>37. A15: ali ... a última palavra eu não consigo</p> <p>38. P: <i>o valor de b corresponde ... o valor de b corresponde a temperatura inicial θ zero ... ou seja ... o valor da temperatura em t igual a zero ... dois pontos ... b igual ...</i> ((comentários não relacionados à atividade ~30’)) ((P passa entre os grupos tirando dúvidas dos alunos)) ((53’41))</p> | <p><u>temperatura</u> <u>aumentou $\theta_1 - \theta_0 \equiv$</u> <u>..... °C.</u> <u>Escrevemos então a</u> <u>função</u> <u>correspondente ao</u> <u>nosso gráfico:</u> <u>$\theta = \dots t + \dots$”</u></p> | <p>Aponta no caderno da aluna Indica caderno</p> <p><i>Indica lousa</i></p> | | | |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> <p>((P desenha na lousa uma tabela com espaços para os alunos colocarem seus resultados (funções) obtidos nas diferentes condições experimentais))</p> <p>((P passa entre os grupos e tira dúvidas (~3’) enquanto há alunos voltando do intervalo. Em ((55’)) tocou o segundo sinal))</p> <p>39. P: ((57’41’)) bom quem quiser preencher usando o gráfico vai poder escrever a <u>SUA equação...</u> “mas não é a equação do grupo?” ... não ... não é a do grupo ... a do grupo tem que estar parecida ... mas não vai ser igual porque a nossa reta média foi feita no olho ... então pode dar uma diferencinha ... aí nós vamos comparar as equações pra gente poder ver ... o que que dá em cada coisa ... né? e achar uma relação que comprove OU que possa dar uma base (maior) para nossa hipótese ... quem tinha chamado?</p> | <p>Visual / Escrita</p> <p>Na lousa</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50px;">100ml</td> <td style="text-align: center; width: 50px;">200ml</td> <td style="text-align: center; width: 50px;">2 lamp.</td> </tr> </table> <p><u>Faz um quadrado na lousa em volta da equação genérica</u></p> | 100ml | 200ml | 2 lamp. | <p>Gestos</p> |
| 100ml | 200ml | 2 lamp. | | | |

| | | |
|--|---|---|
| <p>40. A2: aqui.</p> <p>41. P: aqui.</p> <p>((P vai até aluna e tira dúvidas 1'))</p> <p>((alunos calculam seus resultados, enquanto P anda entre os grupos tirando dúvidas ~2' / professora desenha um gráfico na lousa para resolver questão individual de aluno / alunos continuam trabalhando e P tirando dúvidas ~4'))</p> | <p>Na lousa</p>  | |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> <p>42. P: Pronto ... psi::: ((alunos estão dispersos nos grupos)) ... nós vamos ... pra gente poder fechar o trabalho ... nós vamos comparar AS EQUAÇÕES ((65')) ... então cada um vai preencher de acordo com o seu gráfico ... eu vou voltar porque ainda tem gente perguntando individualmente ... você tem o seu gráfico lá ... sei lá ... <i>dezoito</i> ... <i>aqui no dois minutos tá no – espera um pouquinho para eu não me atrapalhar depois – vinte seis</i> ... <i>sei lá estou inventando</i> ... certo? Seu gráfico tá assim ... o que vale ... não é mais o ponto da tabela ... é a reta ... <u>então nós vamos preencher isto aqui como? Ahn ... o valor de b que corresponde à temperatura inicial teta zero</u> ... ou seja ... o valor da temperatura no tempo igual a zero ... <i>vem aqui no gráfico ... busca onde tá marcado zero ... chega até a SUA reta ... vê o número</i> ... <u>preenche aqui</u> ... lógico tem gente que vai fazer dezoito ((66')) ... outro vai dar dezessete ... outro vai dar quinze ... outro vai dar dezenove ... depende da SUA reta passar ... continuando ... <u>para achar o “a”</u> ... a gente tem que achar a <u>inclinação</u> ... <u>ver quanto que a temperatura aumentou</u> - - “ah a gente fez de dois em dois!” - - não tem importância que a gente fez de dois em dois ... existe um ponto aqui que corresponde a um minuto ... <i>acompanhe a linha do um minuto até a linha do gráfico e vê em que valor que bateu aqui</i> ... por exemplo ... aqui no caso tá dando vinte dois ... ou seja ... a temperatura aumentou de dezoito para vinte e dois ... aqui no meu exemplo ... <u>aumentou quatro graus</u> ... como vai ficar aqui? o que eu pus aqui não é para copiar o valor ... o valor é o do seu gráfico ((68')) ... eu só fiz para mostrar como é que a gente acha</p> | <p>Visual / Escrita</p> <p><i>Completa o gráfico anterior com valores numéricos</i></p> <p><i>Risca o ponto zero e o ponto onde está a reta</i></p> <p><u>Preenche roteiro com os valores inventados no gráfico</u></p> <p>Contorna o número com o giz</p> <p>Preenche o campo no texto</p> <p><u>Gráfico</u></p>  | <p>Gestos</p> <p>Indica equação genérica do roteiro</p> <p><u>Indica roteiro</u></p> <p><i>Indica gráfico</i></p> <p><u>Indica roteiro</u></p> <p>Reforça pontos do gráfico</p> <p><i>Gesticula sobre o gráfico</i></p> <p><u>Indica gráfico</u></p> |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> <p>43. A: eu não entendi nada.</p> <p>44. A: professora ((inaudível))</p> <p>45. P: <u>aqui</u> não ... aqui nós vamos fazer a comparação</p> <p>46. P: não entendeu o quê? ((caminha até a aluno /</p> | <p>Visual / Escrita</p> <p><u>Tabela</u></p> | <p>Gestos</p> |

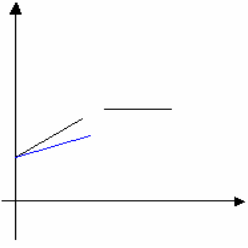
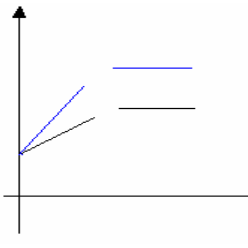
| | | |
|---|--|--|
| <p><i>alunos continuam trabalhando e conversando)) (((69'))</i> <i>P apaga parte da lousa e completa tabela coma demais condições experimentais))</i></p> <p>47a. Cada um que for achando o resultado vem colocar na lousa de acordo com o que fez na parte prática... quem fez com tampa... sem tampa... com alumínio... ((<i>alunos trabalham nos gráficos e alunos começam a pôr suas equações na lousa enquanto P tira dúvidas individualmente (~7')</i>))</p> | | |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> | <p>Visual / Escrita</p> | <p>Gestos</p> |
| <p>47b. P: gente ... tem tanta gente na classe e tem meia dúzia de resultados na lousa ... ((75')) coloca o resultado lá ... (o resultado do seu grupo)</p> <p>((<i>alunos continuam trabalhando/conversando e p passa entre os grupos / em 75'31" uma aluna derruba um béquer no chão, quebrando-o / isso chama a atenção de toda turma / p pede que aluno pegue uma vassoura e continua passando entre os grupos em meio a muita agitação / alguns alunos escrevem seus resultados na lousa, outros discutem sobre os resultados e outros conversam</i>))</p> <p>48. P: ((78')) quem fez com tampa? Não tem nenhum resultado lá ... tem gente repetindo resposta ... eu vou avisar que na hora que for entregar o relatório ... eu tenho o trabalho de conferir um por um</p> <p>((<i>P continua aguardando que alunos escrevam resultados na lousa</i>))</p> | | |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> | <p>Visual / Escrita</p> | <p>Gestos</p> |
| <p>49. P: ué ((79')) porque alguém deve ter feito ((<i>inaudível</i>))</p> <p>50. P: pronto ... psiiii ... chega de papo agora ... Bruno!</p> <p>51. A21: Professora a gente precisa entregar esse relatório pra quando?</p> <p>52. P: Semana que vem ...</p> | <p><i>Escreve na lousa:</i> <u>"Conclusões"</u></p> | |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> | <p>Visual / Escrita</p> | <p>Gestos</p> |
| <p>((<i>A professora escreve conclusões na lousa</i>))</p> <p>53. P: vamos tentar ver os dados ... chega ((turma ainda está agitada)) as nossas hipóteses ((80')) ... vamos pegar as nossas hipóteses ... a primeira que a gente tinha feito era sobre o problema <u>da estabilidade da temperatura</u>, e essa conclusão a gente tirou quando comparou as tabelas ... viu que a temperatura chega numa hora que se mantém -- durante a fervura ... segunda coisa que a gente tinha pensado ...</p> <p>54. A2: O quê?</p> | <p><u>P escreve na lousa:</u> <u>Conclusões</u></p> | <p><u>Representa reta horizontal com as mãos</u></p> <p>Gesticula</p>  |

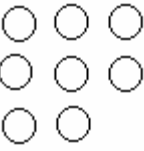
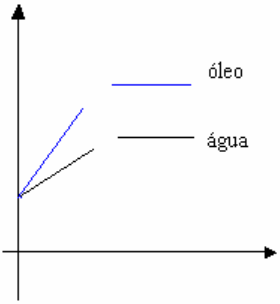
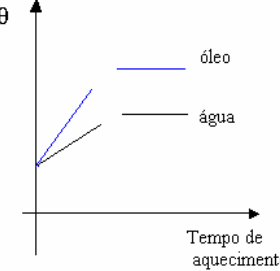
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|--|---|
| <p>55. P: qual a hipótese que a gente tinha feito lá no começo do trabalho?</p> <p>56. A2: que ela chegava numa temperatura e estabilizava</p> <p>57. P(a): que ela chegava numa temperatura e estabilizava ... a gente entendeu isso quando comparou as tabelas na lousa ... qual era a outra? olha no caderno ... ((P pega vassoura e varre cacos do béquer quebrado))</p> <p>((P aguarda respostas, enquanto varre / alunos agitados ~30"))</p> | | |
| <p>57. P(b): ((81')) qual era a outra hipótese? Vamos lá ((continua varrendo enquanto aguarda participação dos alunos / há muita agitação na classe 20"))</p> <p>58. P: ((Termina de varrer)) dá pra parar a conversa e a gente fechar o trabalho?! ((pausa 7")) Vamos parar com isso? ((pausa 5"))</p> | | |
| <p>59. P: primeira hipótese que a gente tinha ... vamos lá ... quem tem o caderno aí? volta ... quem tava na aula que a gente viu isso?</p> <p>60. As: aumenta no começo...</p> <p>61. P: a temperatura aumenta MAIS no começo e depois vai mais devagar ((82')) ... a única coisa que a gente poderia ver nisso é Quando chega perto da fervura ... né? quando já tá parte da água fervendo e parte não ... realmente ela faz uma curvinha ... mas no resto não ... né? até os oitenta ... oitenta e cinco graus não ... a gente poderia escrever isso ... <i>até oitenta e cinco graus a temperatura aumenta de um jeito só</i> ... REPAREM no que a gente está fazendo ... ((83')) depois de fazer todo este estudo ... nós estamos <u>checando as NOSSAS hipóteses</u> ... do começo do trabalho ... <u>tá aqui</u> ... a temperatura aumenta ... a gente dizia que aumentava mais rápido e depois aumentava mais devagar ... só <u>fica mais devagar quando chega perto da fervura</u> ... o que mais? Qual era a outra hipótese? ((pausa 10"))</p> | <p>Visual / Escrita</p> <p>Escreve na lousa: "- até 85°C a temperatura aumenta de um jeito só"</p> | <p>Gestos</p> <p>Gesticula</p>  <p><u>Simula uma reta ascendente</u></p> <p><u>Aponta para as conclusões na lousa</u></p> |
| <p>62. A2: com recipientes diferentes...</p> <p>63. P: com recipientes diferentes...</p> <p>64. A: fechado ou aberto</p> <p>65. P: então veja... com recipientes diferentes a gente tem aqui ó ... aqui foi feito com vidro ... aqui foi feito com alumínio ... que que a gente percebe de um pro outro?</p> <p>66. A2: no alumínio a temperatura...</p> | | |

| | | |
|---|--|---|
| 67. P: aumenta... | | |
| 68. A2: aumenta... é maior ... | | |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| 69. P: mais rápido... a inclinação vai ser maior com o alumínio ... ((84')) <i>a inclinação é maior... ou seja ... a temperatura aumenta mais rápido ... a gente pode até comparar quantas vezes mais rápido ... né? aqui tá em torno de nove ... aqui tá em torno de doze ... então um terço a mais de rapidez para o material ... né ... no vidro foi nove t mais dezoito ... no alumínio deu doze t mais dezoito ... outra hipótese? tinha um monte né? ((começa a apagar outra parte da lousa ~7'')) o que mais? ((85'))</i> | Escreve na lousa: “- a inclinação é maior com alumínio, ou seja, a temperatura aumenta mais rápido: -vidro: $\theta = 9t + 18$ -alumínio: $\theta = 12t + 18$ ” | <u>Indica valores na lousa.</u> |
| 70. A2: que tampado ele ia aquecer mais rápido do que sem tampa | | |
| 71. P: que tampado aquece mais rápido do que sem tampa ((A2: isso)) | | |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| 72. P: vamos verificar... tampado... com tampa ... ó ((pausa de 6'')) ... essa nossa hipótese ... a gente ACHOU que tampado ele aquece mais rápido do que sem a tampa ... ficou ... ao contrário ... tá ao contrário da nossa hipótese ... então nós temos -- pelo o que a gente viu – com tampa levou mais tempo para aquecer ... se a gente tivesse realmente num trabalho de pesquisa pioneiro etc ... a gente ia fazer o quê? Voltar para o laboratório ... fazer de novo dos dois jeitos ... pra CONFIRMAR esses resultados porque está contrariando as nossas hipóteses ... né? ((86')) com tampa levou mais tempo do que sem tampa para aquecer ... | Escreve na lousa: “- com tampa levou mais tempo que sem tampa para aquecer, o que contraria nossa hipótese inicial” | <u>Indica valores na lousa</u> |
| 73. A14: Professora. | | |
| 74. P: ... o que contraria nossa ... oi ((continua escrevendo))? | | |
| 75. A14: com duzentos ml demorou mais para aquecer ((inaudível)) | | |
| 76. P: ... é? a nossa hipótese inicial ... qual ... Qual que é que você falou aí? | | |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| 77. A14: com duzentos ml levou mais tempo | | Indica funções na lousa. |
| 78. P: com duzentos ml levou? ((87')) | | Mostra mudança de inclinação |
| 79. A2: Menos tempo para ser aquecido | | |
| 80. A14: MAIS tempo | | |
| 81. P: a inclinação vai ser ... menor ... quer dizer que ele leva MAIS tempo para aquecer ... aqui sobe de cinco ou seis por minuto ... aqui sobe de nove por minuto ... oito e meio | “- com maior quantidade de água a inclinação |  |

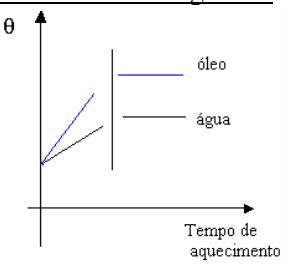
| <p><i>nove ... então ... <u>com maior quantidade de água a inclinação é menor... portanto confirma uma hipótese ((88'))</u> ... falta ... as lamparinas ... psiii ... tá muita conversa aí no canto né?</i></p> | <p><i>é menor, portanto <u>confirma nossa hipótese.</u></i></p> | |
|--|---|---------------------------------------|
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> | <p>Visual / Escrita</p> | <p>Gestos</p> |
| <p>82. A: não ... não é aqui <i>((há muita conversa na classe))</i></p> <p>83. P: falta qual? <i>((apaga a lousa))</i> falta <i>comparar uma lamparina e duas lamparinas</i></p> <p>84. A2: com mais energia ia mais rápido ... professora ... e menos energia é mais devagar.</p> <p>85. P: mudou? Psii</p> <p>86. A: sim ... um pouco</p> | <p><i>Faz duas setas apontando para cada uma das funções na lousa</i></p> | |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> | <p>Visual / Escrita</p> | <p>Gestos</p> |
| <p>87. P: bem menos do que a gente esperava <i>((pausa 14"))</i> ... vamos parar com a conversa? ((89')) <u>com uma lamparina e com duas lamparinas realmente foi um pouco mais rápido só que se a gente verificar ... a diferença é muito menor do que a gente esperava</u></p> <p>88. A2: um grau Celsius</p> <p>89. P: <u>um grau por minuto ... né? se dobrou a quantidade de energia para</u> aumentar um grau por minuto ... <u>também seria uma coisa</u> que -- como não tá dentro do que a gente esperava -- a gente deveria refazer ... melhorar as condições ... porque também quando foi colocar as duas lamparinas talvez tenha ficado muito fogo por fora ... né? precisa ver como é que a coisa foi estruturada aí ... na POSIÇÃO das lamparinas ... se elas realmente estavam juntas ... então ficaria ... com duas lamparinas a temperatura <i>((inaudível, muita conversa na classe))</i> ... faltou só a altitude ... que não deu pra gente medir ((91'))</p> <p><i>((P vai até carteira de alunos para responder perguntas inaudíveis / enquanto há muita conversa na sala))</i></p> | <p>“- com 2 lamparinas a temperatura aumenta pouco mais do que com uma só, a diferença é muito pequena (deveria ser feito p/ confirmar)”</p> | <p><u>Indica funções na lousa</u></p> |

Anexo 3 – TRANSCRIÇÃO DA AULA 10 (28/06/00)

| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
|---|---|--|
| <p>1. P: ((56'41'')) ... a <u>inclinação da reta</u> ... ((<i>alunos agitados</i>)) ... ((57')) <u>agente viu que a inclinação da reta é influenciada pela MASSA de material ... pela quan-ti-da-de de material ... é lógico que no caso ... lógico que no caso ... a gente mediu mls .. mas normalmente o que a gente faz é usar a massa em gramas</u></p> <p>2. A2: a senhora PESA a água?</p> <p>3. A14: lógico</p> <p>4. P: por que não? Por que que a gente deve usar a massa e não usar volume ... <u>quantidade em mililitros ... litros ... etc</u> ... o que que acontece quando aquece a água?</p> | <p>Escreve lousa: “<u>massa – quantidade</u>” g <u>litros</u></p> | <p><u>Indica inclinação no gráfico</u></p> |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| <p>5. A2: é ... ela evapora</p> <p>6. Alunos: evapora</p> <p>7. P: antes disso... ela</p> <p>8. A14: ela cresce</p> <p>9. A21: dilata</p> <p>10. P: dilata ... ela dilata ((58')) ... se ela dilata ela ocupa um pouquinho mais ...</p> <p>11. A14: de espaço</p> | | |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| <p>12. P: de espaço ... então vai dar uma diferença no volume ... a quantidade não muda ... a massa não muda ... se cê puser na balança vai dar a mesma coisa porque o número de moléculas de água que tinha dentro não muda ... então a gente vai usar sempre a massa e a gente verificou que quanto mais massa a gente punha ... <i>mais lento era o aquecimento</i> ... tá ... a inclinação era menor ... bom e se eu mudar o material? Que que acontece? Se em vez de aquecer água ... por exemplo ... eu aquecer óleo ... que que acontece? ((<i>Apaga reta traçada no item anterior</i>))</p> <p>13. A: óleo</p> <p>14. P: o óleo aquece mais rápido do que a água?</p> <p>15. Alunos: não</p> <p>16. A14: <u>sim ... aquece</u></p> <p>17. P: a água demora muito... e o óleo ferve numa temperatura da água? ((59'))</p> <p>18. Alunos: não</p> <p>19. A: eu acho que não</p> | <p><u>Desenha curva menos inclinada no gráfico</u></p>  <p><u>P desenha reta mais inclinada no gráfico</u></p>  | |

| <p>((vários alunos respondem ao mesmo tempo 30')) 20. ((Inaudível))</p> | | |
|---|---|------------------------------|
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| <p>21. P: cuidado com essa idéia ... o fornecimento de calor vai ser mesmo ... eu posso usar a mesma lamparina ... posso usar o mesmo bico do fogão pra aquecer a mesma quantidade de água e de óleo ... só que a temperatura de FERVURA do óleo vai ser maior ... cê já se queimou com óleo quente? Espero que não ... alguém já se queimou com óleo? ((alunos: já)) e já espirrou água quente? ((comentários de alunos)) a queimadura de óleo é muito maior porque a temperatura do óleo é muito mais alta... ((vários comentários ao mesmo tempo))</p> <p>22. A: por que ... professora?</p> <p>23. P: pelo tipo de material ... conforme o tipo de as moléculas ... a distância entre elas ... o tamanho delas ((60'))</p> <p>24. A: o óleo é bom condutor?</p> | <p>Desenha</p>  | |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| <p>25. P: oi? Se o óleo é um bom condutor? No óleo acontece mais convecção do que condução ... né ... é difícil falar em boa condução ... mas o tipo de moléculas do óleo ... tamanho espaço entre elas ... vai ser mais fácil ou menos fácil ... no caso do óleo mais fácil do que a água ... então se a gente mudasse o material ... por exemplo ... <i>aqui óleo ... aqui água</i> ... o gráfico ia ter um gráfico diferente também ... né ... ou seja ... se repetisse a nossa experiência que gente fez com água ... tudinho igual ... só que desta vez com óleo ... a gente ia ver que ia mudar <u>aqui</u> ... nós chegamos ((pausa 6"/alunos conversam)) ... nós chegamos ((61')) na nossa experiência numa relação entre a <i>temperatura e o tempo de aquecimento</i> ... <i>esse tempo de aquecimento ele tá na realidade relacionado com a quantidade de energia na forma de calor</i> que a gente fornece pr/ o material ... a gente viu que um minuto de lamparina corresponde a uma certa quantidade de álcool que foi queimada ... que ... portanto corresponde a uma certa quantidade de calorías ((P pega sobre sua mesa a tabela de conversão de calorías estudada na aula anterior))</p> <p>26. A27: ô professora... dá pra calcular a quantidade de álcool</p> | <p><i>Escreve "óleo" e "água" nas respectivas curvas do gráfico</i></p>  <p><i>Nomeia eixos do gráfico</i></p>  <p>Escreve "quantidade de energia"</p> | <p><u>Indica gráfico</u></p> |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |

| <p>27. P: pode ... é só a gente pegar a lamparina antes de começar a experiência coloca o álcool ... põe na balança ... depois você usa a lamparina usa lá onde tem que usar e põe na balança de novo ((62')) ... então você vê quantas gramas de álcool você gastou ... <u>aí você vem aqui né</u> ...</p> <p>28. A14: a gente num fez isso na experiência</p> | <p><u>Tabela da aula anterior</u></p> | |
|---|---|---|
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| <p>29. P: porque num era objetivo nosso ... a gente tava pretendendo ver o problema do gráfico ... podemos até fazer isso daí ... então ... na verdade ... o nosso tempo de aquecimento tá dizendo Quantas calorias que o material tá recebendo ... a gente costuma escrever <u>isso aqui</u> ... a gente costuma escrever essas relações numa ordem contrária ... quando a gente escreveu no relatório a gente achou uma coisa assim <i>temperatura é igual a temperatura inicial mais um número vezes o tempo de aquecimento</i> ... ((63')) foi o fim do nosso relatório ... eu vou mudar um pouquinho ... presta atenção pra entender o que eu estou fazendo ... o nosso tempo de aquecimento ... <u>na verdade ... ele é a quantidade de calor em calorias</u> que a gente usou ... né - - quantas calorias estavam chegando na água na unidade de tempo - - ... essa temperatura inicial eu vou passar pra lá e vai ficar assim ... se ele tava mais aqui passa pra lá em matemática ... fica menos ... essa diferença de temperatura entre a temperatura inicial e a temperatura depois foi o que a gente fez aqui... quando a gente viu quanto aumentou a temperatura em cada minuto ... certo? ((64')) ... quanto aumento a temperatura num certo tempo ... quanto aumentou a temperatura em cada minuto ... então <u>isso aqui a gente vai chamar $\Delta\theta$</u> ... que é quanto aumentou a temperatura ... se eu passar esse <i>número que tá multiplicando pra cá</i></p> | <p><u>Gráfico</u></p> $\theta = \theta_0 + n^{\circ} \cdot \text{tempo}$ $\theta - \theta_0 = Q$ <p>$\Delta\theta$</p> $\frac{1}{n^{\circ}} \cdot \Delta\theta = Q \Rightarrow Q = mc\Delta\theta$ | <p>Gráfico</p> |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| <p>30. A27: pra que é esse símbolo professora... por que que temperatura tem que ter esse ... é tem que usar esse símbolo pra temperatura ... professora</p> <p>31. P: ahn ... porque eu num posso colocar t por causa do tempo ... tempo em física é sempre t</p> <p>32. A27: sei</p> | | |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| <p>33. P: e o tempo a gente vai usar muito porque as coisas acontecem com o passar do tempo ... então ... pra gente mudar o nome ... os livros usam θ ((comentários de alunos)) ((65')) então se eu pegar esse número e passar pra cá ... ficaria <i>Q igual a um número vezes a mudança de temperatura</i> ... esse número ... na verdade ... ele representa a massa que eu tô usando e o tipo de material que eu tô usando ... então ... a gente tem massa vezes um <i>c</i> - - que tá relacionado ao material - - vezes quanto a temperatura aumentou ... esse é o jeito - - num aparece nos livros do nosso jeito a fórmula - - aparece desse jeito</p> | | <p>Indicando a fórmula na lousa</p> <p>Escreve: $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$</p> |

| | | |
|--|---|--|
| <p>... q ... que é quanto de calor ... quantidade de calor ...</p> <p>34. A12: que é o calor</p> | | |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> <p>35. P: que eu forneço ... é a massa de material ... o tipo de material ... vai dar um certo aumento de temperatura ... <u>isso aqui chama-se calor específico do material ((66'))</u> ... calor específico do material - - ele conta pra gente a dificuldade maior ou menor pr/o material aquecer - - <i>então você tem aqui substâncias e calor específico ... por exemplo ... na água a gente vai ter um ... se você quiser que um grama de água aumente um grau Celsius você vai gastar uma caloria ... se você quiser que um grama de álcool aumente um grau Celsius você vai precisar de zero vírgula seis calorias ... sei lá vamos pegar outro ... lá no finalzinho ... ferro ... pra um grama de ferro aumentar um grau ... precisa zero vírgula onze calorias ... ((67'))</i> então na tabelinha quando fala nesse calor específico ele diz assim uma caloria por grama por grau Celsius ... quer dizer assim <i>uma caloria para cada grama aumentar um grau... caloria para cada grama aumentar um grau - - cada material é diferente? É ... a molécula é diferente ... a atração é diferente ... então muda o tanto de energia que precisa pra aumentar o mesmo grau ... ((67'33'))</i></p> | <p>Visual / Escrita</p> <p><u>Escreve e faz seta da palavra até a fórmula:</u> “calor específico” Pega tabela e vai consultando a mesma, enquanto escreve na lousa:</p> <p>$1\text{ cal} = 1\text{ g de água}.1^{\circ}\text{C}$ $0,6\text{ cal} = 1\text{ g álcool}.1^{\circ}\text{C}$ $0,11\text{ cal} = 1\text{ g ferro}.1^{\circ}\text{C}$ Escreve: cal/g.°C</p> | <p>Gestos</p> <p><i>Indica “cal/g.°C” enquanto fala</i></p> |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> <p>36. A: do álcool e da (madeira é quase igual)...</p> <p>37. P: do álcool e da (madeira) é quase igual... né... do gelo é muito mais fácil que da água...</p> <p>38. A: (por quê?)</p> <p>39. P: pelo tipo de arrumação das moléculas... aí no nosso caso a molécula é a mesma da água... né... só que como ela tá arrumada de um jeito diferente... fica mais fácil de ((Inaudível))</p> | <p>Visual / Escrita</p> | <p>Gestos</p> |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> <p>40. A: ((Pergunta Inaudível))</p> <p>41. P: não... o gelo aquece mais rápido que a água... se você quiser (chegar) de menos dez até chegar a menos cinco... não... ((P ai até perto do aluno/ Inaudível))... é mais fácil do que você pegar a água a dez graus e mudar para cinco</p> <p>42. A: ((Inaudível))</p> <p>43. P: pela estrutura... pela atração das moléculas... colocação delas... ((P continua discutindo com os alunos ~30'))</p> | <p>Visual / Escrita</p> | <p>Gestos</p> |
| <p>Linguagem Oral / Ações</p> <p>44. ((P fala para toda sala)) vamos pensar mais um pouquinho na idéia de calor específico... essa fórmula... ela tá representando o nosso gráfico na parte do aquecimento... ((aluno tira dúvida ~10'))... ahn.... lógico que a fórmula... ela é útil... porque ela ((Inaudível))... mas a gente pode usar só... a idéia ((apaga lousa))... só o raciocínio... vamos pensar na água... uma caloria passa para um grama de água... aumentar um grau... se eu quiser aumentar a</p> | <p>Visual / Escrita</p> <p><u>Faz uma reta no gráfico</u></p>  <p>Escreve</p> | <p>Gestos</p> <p><i>Aponta fórmula na lousa</i></p> <p><i>Aponta tabela com cores específicos</i></p> |

| | | |
|--|---|--------------------------------|
| temperatura de dois grammas de água... quantas calorias eu preciso? | 1cal -- 1g de água -- 1°C | |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| 45. A: dois grammas de água? 46. P: é 47. A: ((<i>Inaudível</i>)) 48. P: <u>se eu colocar duas calorias vai aumentar quantos graus?</u> 49. A: um 50. P: um grau... eu preciso de uma caloria pra um grama... mais uma caloria pra outro grama... <i>se eu quiser cinco grammas de água... diminuir um grau...</i> vai precisar? 51. A: cinco calorias | <u>Escreve</u> 2 cal -- 2g Completa escrita anterior 2 cal -- 2g -- 1°C <u>Escreve</u> -- 5g -- 1°C | |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| 52. <u>cinco calorias... certo... se eu voltar para um grama... se eu quiser que aumente dois graus?</u> 53. A: dez calorias 54. A2: duas calorias 55. A: duas calorias 56. A: uma 57. A: três 58. A: uma 59. A: quatro 60. A: dez 61. P: se eu tiver um grama de água para aumentar dois graus 62. A: seis | <i>Completa escrita anterior</i> 5 cal -- 5g -- 1°C <u>Escreve</u> -- 1g -- 2°C | |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| 63. P: por que duas?... porque tem uma para aumentar um grau... aí tem que fornecer mais uma para aumentar mais um grau... vamos supor... coloca <u>dez graus... forneça aqui uma caloria... a água fica onze graus... se eu colocar mais uma caloria ela fica doze graus...</u> cada vez que você põe uma caloria ela aumenta um grau... agora se eu tiver um grama e quero aumentar dez graus? 64. As: dez calorias | Completa escrita anterior 2cal -- 1g -- 2°C <u>Escreve</u> 10°C + 1cal 11°C + 1cal 12°C | |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| 65. P: vou precisar de dez calorias... e se eu fizer duas coisas ao mesmo tempo ((<i>apaga lousa</i>))... se eu falar assim olha... eu tenho <u>cinco grammas de água pra aumentar dez graus</u> ((<i>alunos comentam enquanto P escreve na lousa</i>))... se eu fornecer <u>dez calorias</u> ((<i>A: cinqüenta</i>))... eu aumento <u>dez graus...</u> mais eu aumento <u>só em um grama...</u> 66. A2: por quê? 67. porque para cada grau precisa uma caloria... e pra cada grama precisa uma também... então vai precisar de cinco vezes dez... cinquenta calorias... né | <u>Escreve</u> -- 5g -- 10°C Completa valores 50 cal -- 5g -- 10°C | <u>Aponta valores na lousa</u> |

| <p>68. A: ((Inaudível))</p> <p>69. P: no caso da água sim porque é <u>uma caloria</u></p> <p>70. A: a sim</p> | | |
|--|---|---|
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| <p>71. P: se fosse outro material... se for álcool... se eu tiver dois gramas não vai mais ser zero seis... vai ser <u>dois vezes zero seis</u>... certo pro álcool</p> <p>72. A: e pra aumentar um grau?</p> <p>73. um grama... um grau? ((alunos comentam))... pra dois graus <u>aqui</u>... aí eu multiplico por dois lá de novo... <i>duas do grau e duas do grama</i>... quatro vezes zero seis</p> <p>74. A: aí que vai dar o ((Inaudível))</p> <p>75. P: aí que vai dar o total de caloria que ele precisa</p> <p>76. A: ah... agora eu entendi</p> | <p>Escreve 0,6cal -- 1g -- °C</p> <p>Completa 2 x 0,6cal -- 1g -- °C</p> <p>Apaga 1g e escreve 2g 2x2x0,6cal -- <u>2g</u> -- °C</p> | <p>Aponta valores <u>Aponta valores</u></p> <p><i>Aponta grau e grama na lousa</i></p> <p>Aponta caloria na lousa</p> |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| <p>77. P: na verdade o que a gente fez é isso aqui... quantos <u>gramas</u> a gente precisa... <u>o calor específico que é zero seis</u>... e quanto a <u>temperatura aumentou</u>... que é quantos graus ela aumentou</p> <p>78. A: ((Inaudível))</p> <p>79. P: <i>a massa são os grammas... vezes o calor específico que é do material... vezes quanto a temperatura aumentou ((alunos comentam))... ((73'51''))</i> a fórmula... ela representa numa linguagem simbólica ... matemática o que a gente pensa e o que a gente tira de resultado experimental ... daí que vem a fórmula na física ... então a física vai usar a fórmula como uma outra linguagem ... tudo o que a gente falou <u>aqui</u> ... tá aqui ... se eu fizer um grama vezes um... vezes dez...</p> | <p><u>Escreve unidades logo acima das incógnitas da equação</u></p> | <p>Aponta para $Q=m.c.\Delta\theta$</p> <p><i>Aponta a fórmula ponto por ponto</i></p> <p>Aponta gráfico <u>Valores calculados na lousa</u> Fórmula</p> |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |
| <p>80. A: professora... então tudo é transformado em fórmula... na física?</p> <p>81. P: você transforma o seu resultado numa fórmula... porque a fórmula é geral... se viu que aqui eu falei... agora eu vou mudar... e se for <u>zero seis</u> e se for zero onze... veja bem... para cada vez.... eu escrevo numa fórmula.... vale para qualquer um... <i>é só ir mudando ((Inaudível))... mudando a massa</i></p> <p>82. A: (a gente pensa do mesmo jeito)</p> <p>83. P: pensa do mesmo jeito... tá certo?</p> <p>84. A: ohh...</p> <p>((75' P começa a passar trabalho para alunos fala sobre fornecimento e perda de energia))</p> | | <p>Aponta cálculos</p> <p><u>Aponta lousa</u></p> <p><i>Aponta fórmula</i></p> |
| Linguagem Oral / Ações | Visual / Escrita | Gestos |

| | | |
|--|--|--|
| <p>85. P: ah... uma coisa só antes de eu escrever... que agora eu lembrei... o que a gente fez pra aquecer... vale pra esfriar... né... aumentar e diminuir temperatura é questão de ganhar ou tirar energia... aumentar agitação... diminuir agitação... então se eu vou fornecer energia para aumentar temperatura... eu vou perder energia para diminuir temperatura... vale do mesmo jeito... tá certo?</p> <p>((Alunos comentam enquanto P escreve na lousa 75")) ((No resto da aula os alunos trabalham sobre um texto))</p> | <p><i>“Representamos a quantidade de energia na forma de calor que um corpo recebe ou perde por Q, a massa do corpo por m e o calor específico por c. A variação de temperatura $\Delta\theta$ que o corpo sofre nessas condições, corresponde a quantos $^{\circ}C$ a temperatura aumenta ou diminui e é dada por $\Delta\theta = \theta_{depois} - \Delta\theta_{antes}$.</i></p> <p>Desse modo, podemos escrever:</p> $Q = m.c.\Delta\theta$ <p>conhecida como equação fundamental da calorimetria”</p> | |
|--|--|--|