

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO

ANA LÚCIA LOPES CORRÊA

**A PRÁTICA DE LEITURA E ESCRITA
DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO
SOBRE FÍSICA MODERNA
E CONTEMPORÂNEA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da
Faculdade de Educação da Universidade Federal
de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção
do título de Mestre em Educação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Silvania Sousa do Nascimento

BELO HORIZONTE
2003

ANA LÚCIA LOPES CORRÊA

**A PRÁTICA DE LEITURA E ESCRITA
DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO
SOBRE FÍSICA MODERNA
E CONTEMPORÂNEA**

Dissertação defendida em 19 de dezembro de 2003, pela banca examinadora composta pelas seguintes professoras:

Prof^a. Dr^a. Silvania Sousa do Nascimento – Orientadora

Prof^a. Dr^a. Maria da Conceição Barbosa Lima

Prof^a. Dr^a. Marides Marinho

*Ao Vinícius, amor para a vida toda.
À Maíra e Jean que preenchem meu coração de alegria.
À Kátia, in memoriam, presença constante em meu coração.*

AGRADECIMENTOS

*"Minha vida, nossas vidas formam um só diamante.
Apreendi novas palavras e tornei outras mais belas".
(Carlos Drummond de Andrade)*

Agradeço a Deus, luz que ilumina meu caminhar.

Ao Vinícius, Jean e Maíra pelo apoio, confiança e incentivo, por toda a vida.

À minha família, pais e irmãos, peço desculpas pelas ausências devido à dedicação nesse trabalho.

À minha madrinha, agradeço as orações constantes e poderosas.

À Silvania Sousa do Nascimento, orientadora e amiga, por ajudar a transpor os momentos de altos e baixos com extrema tranquilidade. Obrigada pela confiança.

Aos colegas do mestrado, Ana Paula, Danilo, Vilani, Gielton, companheiros e interlocutores ímpares. Em especial, à Érika, amiga e confidente.

Ao professor Adelson que, com maestria, ajudou a construir um trabalho autêntico e de parceria, essência dessa dissertação. Agradeço a disponibilidade, a atenção, as conversas recheadas de reflexões e risos. Obrigada por permitir entrar em sua aula e contemplar sua orquestração.

À Prof^a. Morgana, muita sorte e recompensas é o que desejo no longo caminho que se vislumbra à sua frente como professora de Física.

Aos alunos, fonte inesgotável de surpresas, para os quais nossos esforços devem continuar e não podem parar. Agradeço o carinho com que me acolheram.

Aos professores de Redação e de Língua Portuguesa e Literatura do CEFET-MG, pela atenção e disponibilidade com que me receberam para conversar sobre seus alunos.

Ao professores e colegas da Coordenação de Ciências do CEFET-MG que me apoiaram a levar adiante a idéia de cursar o mestrado, em especial, à professora Tânia e ao professor Domingos, este sempre contribuindo com os recortes de Ciências do jornal Folha de São Paulo.

Ao professor, colega de trabalho e de mestrado, José Luiz Saldanha, pelas conversas de incentivo e de esperança. Felizmente conseguimos deixar para trás várias pedras em nossos caminhos.

À Marli, da Biblioteca da FaE/UFMG, que sempre me ajudou com eficiência e carinho.

Ao Marcos, do Audiovisual, sempre atencioso no empréstimo de material e nas cópias de fitas por mim solicitadas.

À Gláucia e Rose, secretárias da pós-graduação da FAE/UFMG, que sempre me atenderam de maneira eficiente.

A todas as pessoas que de uma forma ou outra caminharam ao meu lado e acreditaram que este momento seria possível.

Muito obrigada!

RESUMO

Nesta pesquisa analisamos a prática de leitura e escrita de alunos em aulas de Física do ensino médio. Para isso foi construída uma seqüência de ensino, cujo tema é a Física Moderna e Contemporânea (FMC). A seqüência de ensino foi trabalhada com alunos de uma turma do ensino médio de uma escola pública federal escolhida como representante exemplar para nosso objeto de estudo. Procuramos investigar, a partir das atividades realizadas com textos de divulgação científica (DC) e didáticos, filmes didáticos e de longa metragem de ficção científica, transparências e resolução de problemas os indicadores de uma apropriação progressiva da linguagem científica. Questionamos também a influência de textos de DC e a presença de linguagens diferentes nas respostas escritas dos alunos no decorrer da seqüência.

Esta pesquisa considera a aprendizagem um processo essencialmente sócio-cultural mediada pela linguagem (Vygotsky, 1999) e nos conceitos de gêneros de discurso, tema e intertextualidade de Bakhtin (2002). Esse referencial é operacionalizado a partir de categorias por nós construídas e adaptadas de Braga (2003) e Zamboni (1997).

Os dados da pesquisa, resultantes da análise das respostas escritas dos alunos, foram sistematizados e permitiram reconhecer as mudanças e permanências expressas na escrita dos alunos. Concluimos que a intertextualidade evidenciada nas respostas escritas dos alunos indica uma apropriação de indicadores dos diferentes gêneros trabalhados na seqüência. A descrição de entidades físicas migra para a descrição de fenômenos físicos que supomos representar uma evolução do perfil de resposta escrita dos alunos. Observamos que o interlocutor dos alunos continua restrito à sala de aula sendo uma escrita especializada do discurso didático.

Nossos resultados apontam que os textos de DC podem ser utilizados como estratégia de ensino de conteúdos de Física. Assim, a sala de aula oportuniza a discussão dos meios e métodos de produção da ciência, situação que contribui para uma aproximação com o fazer científico.

ABSTRACT

In this research we analyze the practice of reading and writing by students in secondary school physics classes. To do this, teaching sequences were developed with the topic of Modern and Contemporary Physics (MCP). The teaching sequences were used with students in a secondary school class of a federal public school, chosen for being an exemplary representative for the object of our study. Our objective was to discover the indicators of progressive appropriation of scientific language, through activities using scientific explanatory texts (SETs), didactic texts, didactic and full-length science fiction films, transparencies and problem-solving. We also question the influence of SETs and the presence of different types of language in the written responses of the students as the teaching sequences progressed.

This research considers learning to be an essentially socio-cultural process mediated by language (Vygotsky, 1999) and our concepts of the genres of discourse, topics and Bakhtin's (2002) intertextuality. This reference is operationalized based on categories constructed by us and adapted from Braga (2003) and Zamboni (1997).

The research data, results of analysis of students' written responses, were organized to allow the recognition of changes and permanent features expressed in student writing. We conclude that the intertextuality shown in the written responses of the students indicates an appropriation of the indicators of different genres established by the teaching sequences. The description of physical entities migrates toward the description of physical phenomena, showing what we suppose to be an evolution in the character of the students' written responses. We observe that the interlocutor of the students continues to be restricted to the classroom, in that the writing is specifically didactic discourse.

Our results indicate that the SETs can be used as a strategy to teach the content of physics. Thus, the classroom provides opportunities for the discussion of means and methods of scientific production, a situation that contributes to students drawing closer to doing science.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	8
CAPÍTULO 1 – PROBLEMATIZAÇÃO	13
1.1 – A CONSTRUÇÃO DE HIPÓTESES E QUESTÕES DE PESQUISA	13
1.2 – ESCREVER E LER EM AULAS DE CIÊNCIAS	17
1.2.1 – Escrever – modo de envolvimento nos discursos	17
1.2.2 – Ler – atribuindo sentidos e construindo significados	21
1.3 – A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E O TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	27
1.3.1 – Mas afinal o que é divulgação científica?	29
1.3.2 – O texto do divulgação científica	31
1.4 – O TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA SALA DE AULA	31
1.5 – A ESCOLHA DO TEMA F.M.C. E SUA INSERÇÃO NO ENSINO MÉDIO	38
1.6 – REFERENCIAIS TEÓRICOS	43
CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA DE PESQUISA	52
2.1 – PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS	52
2.1.1 – A situação de coleta dos dados	53
2.1.2 – As primeiras conversas	57
2.1.2.1 - Reflexões ... leituras ... reflexões: tecendo a seqüência de ensino	58
2.1.3 – Preparando o terreno	69
2.1.4 – Por dentro da seqüência de ensino	71
2.2 – PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS	79
2.2.1 – A 1ª aproximação: selecionar as atividades a serem analisadas	79
2.2.1.1 – Visão geral das atividades selecionadas	81
2.2.1.2 – Os elementos textuais e gramaticais presentes nos textos de DC	83
2.2.2 – A 2ª aproximação: a leitura dos textos dos alunos	88
2.2.2.1 – A construção das categorias de análise	88
2.2.2.2 – Categorias e indicadores	90
2.2.2.2.1 – A categoria Tema e seus indicadores	90
2.2.2.2.2 – A categoria Objetiva e seus indicadores	96
2.2.2.2.3 – A categoria Horizonte de Compreensão e seus indicadores	107
2.2.2.2.4 – A categoria Leitor e seus indicadores	112
CAPÍTULO 3 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	115
3.1 – INTRODUÇÃO	115
3.2 – NAVEGANDO ENTRE CRISTAS E VALES	117

3.3 – AS MÚLTIPLAS FACES DA ESCRITA DO ALUNO	155
CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	184
4.1 – MUDANÇAS E PERMANÊNCIAS NA ESCRITA DOS ALUNOS ...	186
4.2 – IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS	193
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	197
ANEXOS	207

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – Objetivos das atividades com os textos TD01, TD04 e TD05	82
QUADRO 2 – Quadro de narrativa – Aula do dia 23/01/2003 – Sala 205- 15:50 h às 16:40 h – Tema: Efeito Fotoelétrico	134
QUADRO 3 – Quadro de narrativa – Aula do dia 24/01/2003 – Sala 331 – 13:00 h às 14:40 h – Tema: Atividade de leitura e escrita (TD01)	149
QUADRO 4 – Quadro de narrativa – Aula do dia 23/01/2003 – Sala 205 – 15:50 h às 16:40 h – Tema: Efeito Fotoelétrico	177

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – categoria Tema	118
Gráfico 2 – categoria Objetivo	137
Gráfico 3 – categoria Horizonte de Compreensão	145
Gráfico 4 – categoria Leitor	150

APRESENTAÇÃO

A prática de leitura e escrita que se estabelece na sala de aula, quando os alunos lêem e escrevem sobre determinado tema de um texto de divulgação científica, constitui a questão de investigação da presente pesquisa. Essa prática influencia e é influenciada pelas concepções de leitura e escrita dos alunos e referencia a atuação dos mesmos como sujeitos sócio-historicamente constituídos. O que se lê, como se lê e quando se lê em aulas de Física guarda estreito vínculo com o que se escreve, como se escreve e quando se escreve.

A observação dessa prática de leitura e escrita em sala de aula, mediada pelos textos de divulgação científica (DC) permitiu-nos identificar alguns indicadores que explicitam evoluções, isto é, mudanças e permanências.

Iniciamos no capítulo 1 – Problematização, com uma breve revisão do estado da arte sobre o ensino de Física, o percurso empreendido na delimitação do nosso objeto de estudo, perpassando pela questão da escrita e da leitura em aulas de ciências, a divulgação científica e o texto de divulgação científica em sala de aula e, os pressupostos teóricos que fundamentaram nosso trabalho.

A Metodologia de Pesquisa, capítulo 2, explicita os procedimentos de coleta e de análise dos dados. Damos uma atenção especial à conformação da sequência de ensino, visto que ela constitui nosso principal instrumento de coleta de dados.

Seguimos para o capítulo 3 – Discussão dos resultados, apresentando a interpretação dos perfis referentes às categorias de análise e dos indicadores de uma apropriação progressiva da linguagem científica. Buscamos analisar em que medida se dá a entrada dos elementos textuais e gramaticais dos diferentes gêneros de discurso identificados nos textos de DC e nas respostas escritas dos alunos. Discutimos exemplos da escrita dos alunos balizada por trechos dos textos de DC e mediada por diferentes linguagens presentes na sequência de ensino.

Enfim no capítulo 4 – Considerações Finais, manifestamos as motivações iniciais que nos conduziram a essa investigação, apontamos as permanências e mudanças na escrita dos alunos e, finalmente, sinalizamos algumas implicações educacionais que a pesquisa suscita.

Nossos resultados, ainda que singulares, evidenciam a presença de indicadores das categorias tema, objetivo, horizonte de compreensão e leitor. Esses indicadores apontam uma evolução do horizonte de compreensão evidenciada pela presença de elementos intertextuais e a permanência da descrição de entidades físicas.

CAPÍTULO 1 - PROBLEMATIZAÇÃO

1.1 - A CONSTRUÇÃO DE HIPÓTESES E QUESTÕES DE PESQUISA

Numa sociedade afetada pelos impactos da ciência e da tecnologia, a compreensão pública de fatos científicos e tecnológicos assume uma dimensão crucial. Entretanto, dificilmente nossas escolas acompanham o desenvolvimento exponencial da ciência e da tecnologia e, portanto, pensar em mudanças que possibilitem a formação de um futuro cidadão crítico, capaz de ter consciência do seu papel nessa sociedade é de suma importância.

Cientes desse quadro, professores, educadores e instituições têm discutido muito sobre os rumos do ensino, principalmente o de ciências. A necessidade de traçarmos novos caminhos justifica-se, segundo Barros (1998), pelos resultados de pesquisas realizadas em vários países, os quais fornecem um quadro bastante realista do estado da arte sobre o ensino dessa disciplina.

A partir da segunda metade do século XX o ensino de ciências sofreu transformações decorrentes de propostas que visavam mudanças curriculares. Vários países, apoiados pela UNESCO, sugeriram a implantação de um currículo de ciências "para todos". Esse novo currículo teria como eixo norteador uma visão mais contextualizada da ciência e a expectativa de que seria possível a sua compreensão por toda a população escolarizada. Assim, o ensino de ciências

passou por grandes mudanças no que diz respeito ao enriquecimento dos materiais didáticos e das metodologias, bem como a modernização das estratégias de ensino. A pesquisa didática avançou radicalmente nas formas da compreensão do que seja o processo de ensino-aprendizagem por meio da educação em ciências, numa tentativa de ampliar significados, o que contribuiu para o conhecimento dos processos cognitivos.

No Brasil, a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei 9346/96) incluiu o ensino médio à educação básica e, conseqüentemente, passou a considerá-la um direito de todos os cidadãos. Esta lei fundamenta-se na educação como preparação para o trabalho, na inserção de experiências do cotidiano no currículo escolar e na compreensão de conhecimentos científico-tecnológicos. Na sessão IV do Ensino médio, no Art. 36, 1º parágrafo lê-se:

“Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstre:

- domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;
- conhecimento das formas contemporâneas de linguagem;
- domínio dos conhecimentos de Filosofia e de Sociologia necessários ao exercício da cidadania.”

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN,1999) também apresentam mudanças visíveis quanto ao ensino de ciências. Eles mostram a preocupação com o ensino voltado para "um aprendizado útil à vida e ao trabalho", manifestam a busca de "interdisciplinaridade e contextualização", referendam uma visão de "caráter amplo, de forma que os aspectos e conteúdos tecnológicos associados ao

aprendizado científico e matemático sejam parte essencial da formação cidadã de sentido universal e não somente de sentido profissionalizante" (Vol.3, p.10).

Nos princípios gerais, referentes às competências e habilidades almejadas, os PCN sinalizam a necessidade de desenvolver a capacidade de representação e comunicação e colocam como primeiro item para atingir tal fim a leitura e interpretação de textos de interesse científico e tecnológico (Vol.3, p. 27).

Neste sentido, devemos pensar em mudanças que possibilitem a formação de um futuro cidadão crítico, capaz de ter consciência do seu papel regulador numa sociedade dominada pela ciência e tecnologia. De fato, diversos recursos didáticos tem sido utilizados em sala de aula na tentativa de garantir, aos nossos alunos, a aquisição de conhecimentos científicos e de prepará-los para "a compreensão mais ampla dos significados da ciência, das suas limitações e do seu potencial de ação sobre a sociedade como um todo" (Barros,1998). Entre os recursos mais utilizados pelos professores encontramos as aulas práticas, a utilização de mídias, elaboração e execução de projetos e práticas de leituras. Deste modo, o conteúdo do livro didático e as aulas pautadas em sua quase totalidade no formalismo conceitual não são mais as únicas opções de interação dentro de sala de aula. Diversos estudos¹ feitos em sala de aula mostram que a utilização de textos, leituras de cunho histórico e técnico, quando guiadas pelo professor, ampliam o campo de interesse dos alunos, levando-os a ter melhor

¹ Várias são as ações empreendidas nesse sentido: Almeida & Ricon (1991); Almeida & Ricon (1993); Almeida & Queiroz (1997); Silva (1997); Raboni (1997); Sousa (1997); Zanetic (1998) Silva & Almeida (1997); Silva & Kawamura (2001); Moreira & Ostermann (2001); Mattos, Silva & Filho (2003); Gabana, Lunardi & Terrazan (2003); Melo & Hossoume (2003); Silva & Almeida (2003); Monteiro, Monteiro & Gaspar (2003); Carvalho & Locatelli (2003).

desempenho. Esses métodos de estudo, segundo Barros (1998), deixam hábitos transferíveis para o futuro.

Pensando nisso, enquanto professora e pesquisadora, desejosa de possibilitar a reflexão sobre temas relacionados à ciência, sempre fiz e continuo formulando algumas perguntas: Como promover o ensino de ciências numa abordagem mais rica? Como ajudar para a compreensão dos conceitos da Física? Como contribuir para a aquisição da linguagem da Física?

Parece-nos óbvio que à escola cabe uma parcela substancial, não apenas da educação científica (escolarização de conteúdos e métodos), mas também a tarefa de alfabetização científica (valores, sentido filosófico e compreensão do impacto social da ciência com ênfase nos métodos da ciência). A escola, muitas vezes, apresenta limitações ao conhecimento relacionado com as conquistas atuais da ciência e com a tecnologia de ponta. A mídia, por sua vez, está mais próxima dessas conquistas e, iniciativas voltadas para a educação informal no ensino de ciências têm se tornado mais freqüentes nos últimos anos². O número de publicações (revistas, secções em jornais ou cadernos de ciências, programas de rádio e televisão) cujo objetivo é a divulgação científica tem aumentado substancialmente. Tendo em vista esses aspectos acreditamos ser possível ensinar e falar sobre ciência através de textos de divulgação científica.

Inserida neste quadro, esta pesquisa investigou, entre os diversos modos de interação em sala de aula, o papel dos textos de divulgação científica (DC),

² Ver: Gaspar (1998)

utilizados em aulas de Física no ensino médio, em desenvolver nos alunos a capacidade de representar e comunicar, através da escrita, os conceitos, leis e teorias da Física Moderna e Contemporânea.

Os textos de divulgação científica sobre Física Moderna e Contemporânea (FMC), em sala de aula, foram utilizados como recursos mediadores no processo ensino-aprendizagem em aulas de Física no ensino médio. Como a escrita do aluno, conformada a partir da leitura de textos de DC constitui nosso objeto de análise, faz-se necessário discutirmos sobre o ler e o escrever em aulas de ciências. A esse respeito os próximos itens se dedicam.

.

1.2 - ESCREVER E LER EM AULAS DE CIÊNCIAS

1.2.1 - Escrever – modo de envolvimento nos discursos

A escrita, juntamente com a fala se constitui modo de envolvimento nos discursos, servindo-lhes como forma de apropriação. Em uma perspectiva sociocultural a escrita é modo privilegiado de apropriação discursiva. Ela representa a formalização e sistematização na participação e no envolvimento no discurso. Ainda que outras formas de apropriação discursiva sejam importantes, a escrita possibilita atingir níveis de abstração e descontextualização cada vez mais amplos.

A discussão de idéias e a escrita nas aulas de ciências têm se consolidado como importante ferramenta para a construção de significados. O papel da escrita tem-se destacado como um mecanismo cognitivo singular de organizar e refinar idéias sobre um tema específico.

“A discussão e a escrita nas aulas de Ciências são atividades complementares, mas fundamentais. A discussão é importante para gerar, clarificar, compartilhar e distribuir idéias entre o grupo, enquanto o *uso da escrita como instrumento de aprendizagem realça a construção pessoal do conhecimento*. [...] O emprego dessas duas atividades de linguagem na construção do conhecimento científico é fundamental para a solidarização e consolidação do conhecimento” (Oliveira & Carvalho, 2003)³.

Desse modo, para nós, a escrita possibilita reconstruir o já aprendido anteriormente e construir novos saberes. É nisso que se justifica um investimento cada vez maior em sala de aula de ciências em atividades de leitura e escrita.

Para isso, procuramos na literatura informações sobre o escrever nas aulas de ciências. Sobre o que os alunos escrevem e lêem em aulas de ciências? Com que propósitos se dá a escrita em aulas de ciências? Ao escreverem, como são analisados os seus escritos? Encontramos em Chiappini et al (1997) algumas idéias que nos auxiliaram a responder essas perguntas. O primeiro livro da trilogia⁴ “*Aprender e ensinar com textos de alunos*”, do qual Chiappini é coordenadora geral, aborda textos escritos pelos alunos na perspectiva tanto de

³ Destacamos, em itálico, nossas crenças em relação à escrita, desde que qualificadas pela mediação do professor.

⁴ A trilogia *Aprender e ensinar com textos*, coord. Geral de Ligia Chiappini, São Paulo, Cortez, 1997 é composta por: Vol. 1: *Aprender e ensinar com textos de alunos*, coord. João Wanderley Geraldi e Beatriz Marão Citelli; Vol. 2: *Aprender e ensinar com textos didáticos e paradidáticos*; coord. Helena Nagamine Brandão e Guaraciaba Micheletti; vol. 3: *Aprender e ensinar com textos não escolares*, coord. Adilson Citelli. Os livros apresentam as primeiras conclusões de uma pesquisa, realizada desde 1992, e apóia-se em observações sistemáticas em quinze escolas de São Paulo do Ensino fundamental.

compreender o que está ocorrendo em sala de aula quanto da vontade de contribuir para a construção de mudanças. Embora o livro nos apresente resultados obtidos em salas do ensino fundamental, acreditamos que os mesmos se aplicam ao ensino médio. Realizamos um recorte, focalizando nossa leitura nos resultados obtidos para as aulas de ciências. Apresentamos a seguir alguns desses resultados.

O primeiro resultado encontrado na pesquisa realizada por Chiappini et al revela que a escrita em sala de aula se configura, na maioria das disciplinas escolares, em episódios de reprodução, ora priorizando exercícios gramaticais, ora registrando o conteúdo previsto pela escola. A escrita-reprodução, embora realizada pelo aluno, é de tal modo conduzida no processo de produção, que a margem de atuação individual praticamente desaparece. Há um apagamento do sujeito. Esse quadro é muito semelhante ao que encontramos nas aulas de Física. O aluno copia o que o professor escreve no quadro ou do livro didático, resolve problemas e em alguns casos, quando o professor resolve-os, o aluno “apaga” o que havia feito para copiar a solução do professor. A escrita do professor serve de modelo para a escrita do aluno. A escrita-produção, responde, em geral, a uma solicitação do professor, constituindo-se mais como uma tarefa escolar. Os resultados revelam que, em aulas de ciências, os percentuais desse tipo de escrita são extremamente baixos. A escrita-produção nas áreas de Ciências, Matemática, Educação Artística e Educação Física é pouco incentivada e o processo de ensino e de aprendizagem se dá fundamentalmente pela leitura de textos didáticos, resolução de problemas e atividades próprias da área.

Quanto ao gênero do texto escrito pelo aluno nas aulas de ciências predomina o relatório, apresentado após determinada atividade ter sido realizada, e a resolução de questões. A emergência dos temas nas aulas de ciências ocorre predominantemente da parte do professor. O professor, baseado no livro didático ou em seu plano de aula, lança o tema e o tipo de texto a ser produzido pelos alunos, sem que estes façam a menor interferência.

Os temas, na maioria das vezes, referem-se ao conteúdo curricular. Temas relacionados a eventos extra-escolares (escrever sobre a ECO 92 ou uma exposição, por exemplo), a assuntos de cunho mais social (escrever sobre a preservação da natureza, saneamento) e relacionados à natureza, da mesma forma que surgem, desaparecem. Estes últimos temas constituem ações pontuais na sala de aula de ciências.

As análises linguísticas dos textos dos alunos geralmente acontecem nas aulas de Português. Os textos são submetidos a um processo de reescrita caracterizado por aquilo que se chama, segundo os autores, de “higienização da escrita”.

“A reescrita transformava-se em uma espécie de “operação limpeza”, em que o objetivo principal consistia em eliminar as “impurezas” previstas pela profilaxia linguística, ou seja, os textos são analisados apenas no nível da transgressão ao estabelecido pelas regras de ortografia, concordância e pontuação, sem se dar a devida importância às relações de sentido emergentes na interlocução. Como resultado, temos um texto, quando muito, “lingüisticamente correto”, mas prejudicado na sua potencialidade de realização. (JESUS, C. A., 1997:102)

Nas aulas de ciências, os “textos” dos alunos não são analisados linguisticamente. Estes, freqüentemente, são apenas avaliados em certo e errado.

Tendo em vista o que foi exposto acima, o registro escrito do que se sabe e que servirá para uma avaliação parece constituir a marca registrada nas aulas de ciências, por que não nas aulas de Física no ensino médio? Isso nos remete à questão do ler: o que se lê nas aulas de ciências? Como? Quando? É o que abordaremos a seguir.

1.2.2 - Ler - atribuindo sentidos e construindo significados

Iniciaremos com algumas reflexões sobre o que é leitura. A seguir apresentaremos alguns resultados da pesquisa de Chiappini et al em relação “ao como”, “quando” e “o que se lê” em aulas de ciências. Esse caminho por nós trilhado justifica-se porque, em nossa pesquisa, a escrita dos alunos perpassa pela leitura dos textos de DC. Assim, buscamos contextualizar a leitura como uma prática possível e útil na apropriação da linguagem científica, em aulas de Física no ensino médio.

Orlandi (2000:7) coloca algumas idéias ou significados para a palavra ou termo leitura, ao que ela chama de polissemia da noção de leitura.

“Em uma acepção mais ampla, a palavra leitura pode ser entendida como “atribuição de sentidos”. Daí ser utilizada indiferentemente tanto para a escrita como para a oralidade. Diante de um exemplar de linguagem, de qualquer natureza, tem-se a possibilidade da realização de leitura.”

Um outro sentido atribuído por Orlandi (2000) à palavra leitura, é o de “concepção”. Neste sentido, é usada como “leitura de mundo”, e reflete a relação com a noção de ideologia, de forma mais ou menos geral e indiferenciada.

Em um sentido mais restrito, ou seja, o sentido acadêmico “leitura” pode significar a construção de um aparato teórico e metodológico de aproximação de um texto, ou seja, são as várias e as possíveis leituras quando nos referimos a um determinado autor.

Com sentido ainda mais restrito, em termos de escolaridade, pode-se vincular leitura à alfabetização (aprender a ler e escrever) e assim, o termo leitura pode adquirir então um caráter de estrita aprendizagem formal. Como podemos ver, muitos são os sentidos que podem ser atribuídos à leitura.

Ao consultarmos o Dicionário AURÉLIO da Língua Portuguesa (1993) encontramos: “Ler” é “ver o que está escrito”, “interpretar por meio da leitura”, “decifrar”, “compreender o que está escrito”, “ver e interpretar o que está escrito”, “tomar conhecimento do conteúdo de um texto pela leitura”, “compreender o que está escondido por um sinal exterior”.

Todas essas definições implicam a existência de um leitor, de um código e de um autor. Através desse código lingüístico, o autor comunica-se com o leitor em

qualquer tempo e espaço. Esse código é representado pelo texto. E para compreender o que é ler, temos que saber o que é um texto e o que é compreender um texto.

Novamente consultamos o Dicionário: “texto vem do latim “textus”, que significa “tecido”, “trama”, “as próprias palavras de um autor ou livro” etc. De “texere”, tecer.”

Para Marcushi (1996), o texto não é um produto nem um simples artefato pronto, ele é um processo. Assim, não sendo um produto acabado e objetivo, como uma espécie de depósito de informações, mas sendo um processo, o texto se acha em permanente elaboração e re-elaboração ao longo das diversas recepções pelos diversos leitores. Em suma, um texto é uma proposta de sentido e ele se acha aberto a várias alternativas de compreensão.

Isto significa que o texto seja ele didático ou não, não apresenta um sentido único ou fechado, e nem é um produto acabado, como é tratado na escola, mas ao contrário, oferece possibilidades de através de leituras diferentes proporcionar discussões e enriquecer as opiniões de quem o lê.

Neste processo, é possível haver leituras diferenciadas e ainda corretas. É claro que um texto permite várias leituras, mas não inúmeras leituras ou infinitas

leituras. É impossível dizer quantas são as compressões possíveis de um determinado texto, mas pode-se dizer que algumas são possíveis, ou seja, não se pode entender o texto ou afirmações do texto ao contrário do que está sendo afirmado, isto significa, não entrar em contradição com as proposições do texto.

A questão de atribuir ao texto um sentido está diretamente relacionada com a leitura realizada pelo sujeito leitor. Ou seja, a questão de se ter leituras diferenciadas sobre um mesmo texto está diretamente relacionada com a leitura realizada pelos diferentes leitores, ou um mesmo leitor em uma época diferente da anterior.

Assim, consideramos o texto, seja ele escrito ou oral, como um processo de construção de sentidos constante. Em síntese, texto e leitura são os lados de uma mesma moeda. Texto e leitura estão imbricados e dependem das condições de produção do texto pelo sujeito autor e das condições de leitura pelo sujeito leitor.

No contexto desta pesquisa, o processo de leitura de textos de DC deve ser compreendido em uma perspectiva crítica. Ler criticamente é admitir pluralidade de interpretação, desvelar significados ocultos, resgatar outras formas de conhecimento, estabelecendo uma relação dialética com o texto. A leitura, dessa forma, reveste-se de significado, torna-se um processo que permite uma relação dinâmica entre as diferentes formas de linguagens.

Assim considerada, a leitura desacomoda o aluno: ele questiona, critica, posiciona-se. Debruçando-se criticamente sobre o texto, desvela-o e desvela-se, aumenta sua capacidade de compreender o mundo, o que traz como consequência a ampliação de seu universo cultural. Pensamos, desse modo, a leitura numa perspectiva crítica, com o objetivo do aluno ser capaz de produzir um texto a partir das relações estabelecidas entre o texto lido e outros textos e/ou entre outras formas de conhecimento.

As reflexões sobre a leitura de textos de DC em aulas de Física na perspectiva deles auxiliarem na progressiva aquisição da linguagem científica levou-nos a investigar, no contexto de sala de aula, como se dá a circulação de textos: que tipos de textos são lidos, como são lidos e quando são lidos.

O volume dois da trilogia de Chiappini et al (1997) apresenta resultados sobre como, quando e o que se lê em salas de aula do ensino fundamental. Esses resultados se assemelham às situações presentes nas salas de aula do ensino médio. Segundo os autores, os textos que circulam nas salas de aula do ensino fundamental são predominantemente aqueles presentes no livro didático. São raros os professores que preparam o seu próprio material e/ou apresentam ações alternativas ao livro didático. Os textos do livro didático no ensino fundamental são lidos e, na maioria das vezes, copiados como recursos⁵ didático-pedagógico, técnico instrumental, preenchimento de tempo, disciplinar e/ou punitivo e,

⁵ Para maiores detalhes sobre o que significam esses recursos consultar Silva & Carbonari (1997:98) in Chiappini et al, volume 2.

finalmente, como registro de conteúdo. Esses recursos constituem as funções da cópia.

Os procedimentos de leitura na maioria das escolas pesquisadas detêm-se na utilização de questionários para verificação de entendimento e na exploração vocabular. O modelo proposto pelo livro didático é geralmente seguido, engessando as possíveis ações do professor. Segundo os autores, o texto, nessa situação, é tratado de forma descontextualizada e homogeneizante.

A pesquisa também aponta resultados no que se refere à circulação de paradidáticos nas escolas pesquisadas. A leitura e o trabalho com o paradidático aparecem de forma expressiva na aula de Português. O tipo de paradidático que mais circula na escola tende a incorrer em extremos, ora valorizando apenas as novidades, ora as obras estritamente didáticas.

Sintetizando os resultados encontrados por esses pesquisadores, a leitura predominante em sala de aula se dá através de textos extraídos do próprio livro didático ou muito semelhante a esses, o que demonstra um empobrecimento na dinâmica das aulas. Parece existir um modelo e uma relação com a leitura que permanece circunscrita ao livro didático. Esse quadro parece refletir o que ocorre nas salas de aula do ensino médio, especificamente, nas aulas de Física⁶. Para

⁶ VER Silva & Almeida (1997).

mudar essa paisagem são necessárias intervenções planejadas para que novos matizes sejam adicionados e significados sejam construídos. Com o objetivo de tornar menos cinzentas as aulas de Física, várias intervenções nesse sentido têm sido implementadas. Dentre outras, as atividades com textos de DC constituem o assunto que abordaremos a seguir.

1.3 - A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E O TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Ensinar física hoje implica discutir tanto questões sobre a estrutura da matéria quanto sobre os efeitos causados pela explosão da Usina Nuclear de Chernobil. É necessário perceber que a ciência faz parte da cultura do homem. Ela está presente na clonagem da ovelha Dolly, nos alimentos transgênicos, no reparo realizado pelos astronautas no telescópio Hubble, na fome, na miséria etc. O discurso científico é mais do que nunca indissociável do social, do econômico, do político e do cultural.

Como podemos conseguir informações sobre inovações científico-tecnológicas? Como podemos conseguir informações sobre novas teorias da ciência e suas relações com a nossa vida cotidiana? Perguntas deste tipo povoam as cabeças de leitores curiosos e atentos ao que é divulgado nos meios de comunicação e sedentos por uma informação mais consistente sobre o assunto. De fato, essas informações são importantes para todos: alunos, professores e pessoas em geral.

Dos textos de DC que costumam estar presentes no cotidiano das pessoas é crescente o volume correspondente a textos de DC disponíveis em revistas, livros e jornais. Silva & Kawamura (2001:317) assim se referem sobre esse assunto:

“Em que pese o fato de ainda haver pouca cobertura por parte da mídia para a área de ciência e tecnologia, se comparado com o avassalador papel social que desempenham, não é difícil detectar uma preocupação crescente com a difusão de conhecimentos relativos a elas. Proliferam revistas, seções de jornais, programas multimídias, vídeos, filmes, exposições, palestras, etc, com o objetivo de saciar anseios de uma população curiosa e angustiada, diante de transformações espantosamente rápidas em seu modo de vida, que parecem estar buscando, no conhecimento dessas transformações, elementos para uma melhor compreensão de sua realidade.”

Se por um lado, na maioria dos livros didáticos o conteúdo da Física é apresentado através de definições formais, de enunciados de leis e princípios e de modelos matemáticos, por outro lado, as revistas científicas abordam temas relacionados com a ciência e suas descobertas utilizando uma linguagem pouco acessível às pessoas que não são especialistas no assunto. Portanto, para a maioria das pessoas, inclusive nossos alunos que estão iniciando sua alfabetização científica, o acesso às inovações tecnológicas, às descobertas científicas e às discussões advindas delas, restam-lhes as obras literárias escritas por cientistas que possuem uma veia literária, as revistas e jornais de divulgação científica presentes no mercado” ⁷

⁷ Sobre esse assunto consultar Almeida (1998) e Zanetic (1997).

Ao despertar o anseio por informações científicas e tecnológicas e, além disso, mostrar-se na maioria das vezes “instigante”, a divulgação científica alerta-nos para seu potencial como recurso didático. A constatação desse potencial didático⁸, no entanto, parece ser relativamente recente. Dessa maneira, os conhecimentos formais, tradicionalmente trabalhados em sala de aula, podem interagir com as informações fornecidas pelos meios de divulgação, com benefícios para o aprendizado do aluno. Nesse caso, o material de divulgação científica pode vir tanto como elemento desencadeador do conhecimento formal quanto como complemento a este último.

1.3.1 - Mas afinal o que é divulgação científica?

A partir da revisão bibliográfica encontramos alguns autores que se pronunciam sobre o assunto e tentam definir a divulgação científica sob as perspectivas da função social e do discurso. Focalizando o papel social, mais especificamente, o educacional, José Reis apud Kreinz (2000:72) diz:

"a divulgação científica realiza duas funções que se completam: em primeiro lugar, a função de ensinar, suprimindo ou ampliando a função da própria escola; em segundo lugar, a função de fomentar o ensino".

Sob a perspectiva da disseminação do conhecimento científico para fora dos limites da comunidade científica, Authier-Revuz, J. (1998) assim se pronuncia:

⁸ O projeto desenvolvido pela equipe de professores do Núcleo de Educação em ciências – NEC da UFSM apresenta resultados encorajadores sobre o potencial didático dos textos de DC (VER: Terrazzan, 1999) e Gabana, Lunardi & Terrazzan (2003)).

"a divulgação científica é classicamente considerada como uma atividade de disseminação, em direção ao exterior, de conhecimentos científicos já produzidos e em circulação no interior de uma comunidade mais restrita; essa disseminação é feita fora da instituição escolar-universitária e não visa à formação de especialistas, isto é, não tem por objetivo estender a comunidade de origem."

Um terceiro olhar, agora sob a perspectiva do discurso, as autoras Authier-Revuz (1998:p.108) e Zamboni (1997) defendem pontos de vista diferentes. Para a primeira, a divulgação científica insere-se como uma "prática de reformulação" de um discurso fonte (o discurso científico, originado no seio da comunidade científica) em um discurso segundo. Sob esse olhar, a divulgação científica inscreve-se em um conjunto que compreende tradução, resumo, resenha e, também, textos pedagógicos adaptados a este ou àquele nível. Operando nestes diversos níveis, a divulgação científica exerce a função de comunicação e também de transmissão de conhecimentos. Zamboni, contrariamente a esse modo de ver, vê no discurso da divulgação científica um gênero discursivo particular, que dissociado do campo científico, adquire vida própria no campo dos discursos.

A partir desses pontos de vista, entendemos que a divulgação científica procura mediar conhecimentos e busca propiciar ao leitor leigo o contato com o universo da ciência através de uma linguagem que lhe seja familiar. Há de se ressaltar que aspectos característicos de vários gêneros do discurso, em maior ou menor grau, também se encontram presentes no fio de seu discurso⁹.

⁹ Ver: Zamboni (1997:68-110)

1.3.2 - O texto de divulgação científica

A passagem da linguagem científica para a linguagem comum não é uma tarefa fácil. A dificuldade é inerente à própria natureza formal e abstrata da linguagem científica e por isso, esse processo possui seus opositores, mas também possui seus defensores como Ilya Prigogine, Mário Schenberg, Albert Einstein, Leopold Infeld, George Gamow, Carl Sagan, Richard Feynman, Arthur C. Clark, Stephen Hawking entre outros. Para situar um pouco o embate em torno dessa questão, cito Almeida (1998:57):

"O problema está no que é amplamente divulgado e no que é omitido. Parece haver a suposição tácita de que condições e métodos interessam apenas aos cientistas, e, desse modo, o discurso científico que chega à maioria da população, na escola, nos meios de comunicação de massa, é constituído apenas de resultados, um produto acabado e pronto para ser consumido".

Neste contexto, o texto de divulgação científica carrega um estigma de vulgaridade, de menosprezo diante da comunidade científica. É fato que algumas publicações que divulgam a ciência, sejam revistas, jornais ou livros, por vezes apresentam concepções equivocadas e distorcidas¹⁰ sobre os conhecimentos científicos. Desse modo, a divulgação científica carrega o estigma de "inexata", de "não confiável", portanto desprezada pela comunidade científica. Na língua francesa os textos de divulgação científica são conhecidos como "texts de vulgarization". Kreinz (2000:72) ao se referir ao termo "divulgação científica" assim se pronuncia:

"Observa-se que os termos vulgarization (francês) e divulgação (português) contêm ambos o vocábulo "vulgo" - que significa plebe, povo. No dicionário Aurélio, o termo

¹⁰ Sobre a distorção de conceitos físicos em uma obra literária consultar Martins (1998:243-300)

trás em si o sentido de vulgaridade, de secundariedade com relação ao científico, que por sua vez trás, em oposição, a idéia de prestígio, de primariedade aplicada à ciência, que, por sua vez, detém os preconceitos de sabedoria e conhecimento"

Como eliminar essa marca que tange a face da divulgação científica e tornar possível a comunicação entre os cientistas (e seu discurso) e o público em geral? Na medida em que a atividade científica se encontra apartada do homem leigo, não especialista, o discurso que a representa acaba por tornar-se uma espécie de código secreto, somente compartilhado por aqueles que de alguma forma pertencem à comunidade científica. Assim sendo, pode-se dizer que o objetivo da divulgação científica e da atividade daqueles que a praticam é justamente o de permitir ao grande público adentrar neste universo cujo acesso até então se encontrava bloqueado pela opacidade de seu discurso. Essa barreira a ser transposta perpassa pela mediação "no nível do discurso", como comenta Authier-Revuz (1998:108):

"O fato de que a prática específica da atividade científica não seja posta como questão nos textos concernentes à atividade da divulgação científica faz com que o fosso a transpor ou a barreira a transgredir sejam sempre reduzidos a uma questão de comunicação: a "língua" dos cientistas torna-se, fora dos muros da comunidade, uma língua estrangeira: uma ruptura se produz na intercompreensão. Nos numerosos textos de reflexão da divulgação científica, sobre ela mesma, a missão de "fazer penetrar no grande público os novos conhecimentos" consiste em "colocar sob forma acessível ao público o resultado das pesquisas científicas": a demanda social de divisão do saber transformada no restabelecimento da comunicação convoca, pois, uma "mediação no nível do discurso".

Para tanto, o divulgador científico, jornalista ou o próprio cientista, certamente deixará de lado o hermetismo do discurso do especialista e optará por uma linguagem mais fluida e acessível ao leitor. A alteração na linguagem não se constitui o único recurso para aproximar o leitor. As mudanças também ocorrem no cenário discursivo e nas posições ocupadas pelos interlocutores¹¹. Operando nestes diversos níveis, a divulgação científica exerce a função de comunicação e também de transmissão de conhecimentos. Nesse sentido, abordaremos a seguir a divulgação científica na sala de aula.

1.4 - O TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA SALA DE AULA

Neste momento abordaremos a utilização dos textos de divulgação científica em sala de aula, especificamente os textos escritos por cientistas, como um recurso possível para o tratamento de temas de física moderna e contemporânea no ensino médio. As questões aqui levantadas procurarão, na medida do possível, contemplar a perspectiva da “alfabetização científica” e tecnológica dos alunos e, conseqüentemente, a formação para a cidadania.

A possibilidade de utilização do texto de DC em aulas de física pode ser justificada sob vários aspectos, alguns já anteriormente mencionados.

¹¹ VER: Zamboni (1997) e Leibruder (2000:229-253)

O primeiro aspecto diz respeito aos resultados encontrados em algumas pesquisas¹² que apontam as transformações ocorridas na qualidade do ensino onde se utilizam textos literários e de divulgação científica. Estas pesquisas mostram que é possível utilizá-los para a atualização e complementação dos conteúdos em aulas de física. A atividade desenvolvida por Kawamura & Silva (2000) em turmas do ensino médio, principalmente por abordar um tema semelhante ao da sequência de ensino conformada para a coleta de dados desta pesquisa, merecem algumas considerações.

Kawamura & Silva (2000) visando explorar as potencialidades de novas abordagens para o ensino de física, desenvolveram atividades com o uso de textos de divulgação científica, para o conteúdo de óptica, estruturadas de forma a permitir uma discussão mais abrangente sobre a natureza da luz. Os resultados desta pesquisa apontam para o seguinte: é possível constatar mudanças significativas nas concepções gerais dos alunos do ensino médio. Essas mudanças podem ser observadas na modificação das idéias ou da chamada cultura dos alunos (demonstrada em seus interesses iniciais), em direção a uma postura que se aproxima mais da cultura científica (demonstrada nas indagações por estes colocadas no final da atividade). Nesse sentido, os autores ressaltam o papel fundamental do professor, enquanto mediador na interação aluno-texto e

¹² Almeida & Ricon (1991); Almeida & Ricon (1993); Almeida & Queiroz (1997); Silva (1997); Raboni (1997); Sousa (1997); Zanetic (1998); Silva & Almeida (1997); Silva & Kawamura (2001); Moreira & Ostermann (2001); Mattos, Silva & Filho (2003); Gabana, Lunardi & Terrazan (2003); Melo & Hossoume (2003); Silva & Almeida (2003); Monteiro, Monteiro & Gaspar (2003); Carvalho & Locatelli (2003).

reforçam a idéia de que as estratégias didáticas devem ser bem pensadas e sistematizadas para que, em consonância com as demais atividades a serem preparadas e implementadas pelo professor, os resultados se mostrem significativos.

Um segundo aspecto, também já mencionado, refere-se ao tipo de linguagem encontrada nos textos de divulgação científica. Acreditamos que a utilização de uma linguagem mais acessível ao aluno pode contribuir no sentido de tornar o aluno mais interessado pelos temas da ciência e possibilitar sua aproximação ao conhecimento científico.

Um terceiro aspecto diz respeito ao tratamento dado ao conhecimento que ali está sendo apresentado. Nos textos de DC os conceitos e idéias estão inter-relacionados e não através de fragmentos sistematizados. Este é um dos aspectos que mais ressaltam a diferença entre este tipo de texto e o texto didático, que a nosso ver, torna o texto de DC ainda mais suscetível de uso. Ou seja, enquanto o texto didático apresenta uma sistematização pronta e acabada, onde os conhecimentos são colocados através de fragmentos, separados por itens, o texto de divulgação permite que o aluno tenha uma visão da ciência menos fragmentada, onde as idéias e limitações que resultam das rupturas da ciência são colocadas e enfatizadas.

Se por um lado existem aspectos que reforçam as possibilidades do uso de textos de divulgação científica na sala de aula, por outro, é preciso tomar certos

cuidados. Um dos cuidados a ser considerado, por nós professores, é o fato de que a linguagem dos textos de divulgação científica, justamente por ser mais acessível, pode dar margem a que os alunos construam significados equivocados ou concepções erradas a respeito dos conhecimentos científicos. Ao professor cabe a responsabilidade e o compromisso de mediar as informações contidas nos textos no sentido de compartilhar, com seus alunos, significados corretos para os conceitos e idéias ali discutidas.

Outro cuidado refere-se às possíveis distorções presentes no texto de divulgação científica. A função do professor, neste caso, reside no fato de orientar para possíveis informações distorcidas que possam ser apresentadas pelo texto. É importante ressaltar que as distorções não invalidam o texto, ao contrário, deve-se orientar o aluno no sentido de identificar tais distorções, de argumentar a favor de novas possibilidades e conhecimentos efetivos. Mas, para que isso aconteça, é necessário que alunos e professor tenham consciência da dificuldade para escrever sobre idéias, princípios e leis da ciência em uma linguagem mais comum. Por isso, distorções são possíveis de acontecer. Neste sentido Almeida & Ricon (1993:12) justificam que “não é fácil escrever sobre assuntos da ciência tentando atingir parcelas da população que não estão especificamente motivadas para o assunto. Ao cientista falta, algumas vezes, a linguagem adequada, e o profissional de outras áreas, o jornalista, por exemplo, nem sempre consegue o aprofundamento desejável”.

Além desses cuidados, há de se levar em consideração o fato de que, para desenvolver atividades com textos de divulgação científica em sala de aula é preciso mudar as práticas habituais na sala de aula¹³. Estratégias precisam ser planejadas. A esse respeito, encontramos na literatura algumas propostas¹⁴ para a realização de atividades didáticas com textos de DC. Dentre elas destacamos a estratégia proposta por Zanetic, que serviu de referência para a seqüência de ensino aplicada aos alunos nesta pesquisa.

Diferenças a parte, as propostas para a realização de atividades didáticas com textos de DC convergem em relação ao papel do professor como mediador da interação entre o aluno e o texto de divulgação científica. As atividades com textos de DC exigem uma participação mais ativa dos professores. Segundo Gabana et al (2003), é preciso que os professores tenham consciência de que eles próprios precisam ler os textos e estar minimamente informados e preparados para o tratamento e discussão destas informações quando estas forem levadas para a sala de aula. Essas orientações nos indicam que as atividades com textos de DC na sala de aula exigem a ação consciente e planejada do professor para que os objetivos sejam alcançados.

Assim, acreditamos que atividades com textos de DC em aulas de Física devem contribuir para o estabelecimento de continuidades e rupturas entre a linguagem

¹³ “Quando se quer que o estudante desenvolva gradativamente a compreensibilidade do discurso científico e o gosto pela leitura, pode ser necessário criar situações de controle e cobrança diferentes das que usualmente se presencia nas escolas” Almeida & Ricon (1993:13).

¹⁴ Zanetic (1999); Terrazzan (1999); Silva & Almeida (2003); Monteiro, Monteiro & Gaspar (2003); Gabana, Lunardi & Terrazzan (2003).

cotidiana e a científica, ou seja, mediar o saber científico; propiciar a motivação para a continuidade de hábitos de leitura para além da escola e além disso, permitir um maior entrosamento/conhecimento entre professor/aluno vindo a propiciar uma melhoria na qualidade das interações no espaço escolar.

1.5 - A ESCOLHA DO TEMA F.M.C. E SUA INSERÇÃO NO ENSINO MÉDIO

Para delimitar os temas de FMC, no artigo de Ostermann & Moreira (2001) encontramos uma tentativa de classificar de forma aproximada o que vem a ser Física Moderna e Contemporânea:

“A Física Clássica pode ser encarada como a desenvolvida até o final do século XIX. Já a Física Moderna (FM) está compreendida entre o final do século XIX e a década de quarenta do século XX. Portanto, tudo o que foi feito na Física da década de quarenta até os dias de hoje é o que classificamos de Física Contemporânea (FC). (Essa classificação é apenas uma tentativa e considera que o advento da Física Contemporânea está relacionado às importantes aplicações tecnológicas que surgiram a partir da década de 40 do século XX, por exemplo, os primeiros aceleradores de partículas)”.

Como Zanetic e Pinto (1999) propõem, é preciso transformar o ensino de Física tradicionalmente oferecido por nossas escolas em um ensino que contemple o desenvolvimento da Física Moderna, não como uma mera curiosidade, mas como uma Física que surge para explicar fenômenos que a Física Clássica não explica, constituindo uma nova visão de mundo. Neste sentido, acreditamos que a física desenvolvida no ensino médio deve permitir aos estudantes pensar e interpretar o

mundo que os cerca, de forma a capacitá-los a inovar saberes atuais e torná-los conhecedores de debates gerados em vários níveis da sociedade na qual convivem.

Ainda consoante Zanetic e Pinto (1999), compartilhamos com os autores a idéia de que a física no ensino médio deve possuir uma abordagem ampla, e não apenas aquela que contempla uma única perspectiva, por exemplo, o formalismo conceitual e a solução de problemas. Na miríade de uma sala de aula, onde histórias de vida, aí incluídas a vida escolar de cada aluno, estão presentes, acreditamos, desse modo, contemplar as diferentes aptidões e vocações e conseguir estabelecer um diálogo profícuo com eles. Como salientam os autores, “o conhecimento físico deve ser considerado uma construção humana, pois a Física também é cultura” (Zanetic,1989 apud Zanetic e Pinto,1999). Esses elementos reforçam ainda mais o sentido cultural da ciência e, nesse sentido, o conhecimento científico deve ser caracterizado como produto da vida social, influenciando e sendo influenciado pelos outros conjuntos de conhecimento.

Compondo esse contexto, está a necessidade de introduzir-se, ainda no ensino médio, conhecimentos produzidos pela humanidade desde seus primórdios até os dias atuais. Isso se justifica pelo fato de que não se pode participar de discussões sobre a relação risco/benefício da ciência sem conhecer as transformações ocorridas em decorrência de suas descobertas, incluindo aqui os conhecimentos desenvolvidos nos últimos anos, em particular, a Física Moderna e Contemporânea.

Essas justificativas encontram respaldo na Lei de Diretrizes e Bases (1996)¹⁵ e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 1999) do Ensino médio – Ministério da Educação – Governo Federal também apóiam a inserção da FMC no Ensino médio. No volume três que trata das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, no quadro “Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física” (página 61), encontramos preocupações referentes à contextualização sócio – cultural do ensino de Física. Entre outras, temos:

- “- dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia.
- ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes.”

Na página 59 do mesmo volume encontramos ainda:

“Essa percepção do saber físico como construção humana constitui-se condição necessária, mesmo que não suficiente, para que se promova a consciência de uma responsabilidade social e ética. Nesse sentido, deve ser considerado o desenvolvimento da capacidade de se preocupar com o todo social e com a cidadania.”

Em artigo recente, Carvalho Júnior (2002) chama a atenção para as discussões a respeito da função social da Física. O exercício da cidadania, neste contexto, significa reconhecer-se cidadão participante, "capaz de avaliar as relações risco/benefício de uma dada técnica de diagnóstico médico, as implicações de um acidente envolvendo radiações ionizantes ...". Infelizmente esta abordagem é

¹⁵ Ver: L.D.B. assinada em 20 de dezembro de 1996, sessão IV do Ensino médio, Art. 36, 1º parágrafo.

pouco difundida em nossas aulas, nos livros didáticos e também são poucas as revistas de divulgação científica que abordam a FMC sob este ângulo.

Outro fato que torna ainda mais pertinente a discussão que envolve a inserção da FMC no ensino médio diz respeito ao número de alunos que egressam do ensino médio e ingressam nas universidades. Segundo dados do SINPRO (1998, p.19) citados por Alvetti (1999), apenas 11% da população entre 18 e 24 anos freqüentam a universidade e desses, apenas 3,5% estão em universidades públicas. E os dados do IBGE (1996) mostram que apenas 25% da população na faixa etária de 15 a 17 anos estão matriculados no ensino médio. Isso significa que para a maioria de nossos alunos o ensino médio constitui-se na última oportunidade que encontram de realizar discussões sistemáticas sobre ciência e suas relações com outros saberes. Há ainda de se considerar que mesmo aqueles que ingressam nas universidades, poucos são os que escolhem as carreiras técnico-científicas. “Nesta perspectiva, conteúdos de Física Moderna e Contemporânea correspondem a uma necessidade vital de nossos currículos de Física” (Terrazan, 1994, p.34 apud Alvetti).

Neste sentido, Costa, Almeida & Santos (1997) apresentam o caminho trilhado pelo Grupo de Pesquisa em Ensino de Física do IF-UFF (GPEF) a nível de implementação de ações curriculares para a inserção de FMC no ensino médio brasileiro. Segundo as autoras,

“a inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio brasileiro tem chamado a atenção de diversos pesquisadores da área de ensino, sendo que, no início da década de 90 houve um aumento de pesquisas e publicações sobre este tema (Atas dos IX, X e XI SNEF; III, IV e V EPEF)”.

Tendo em vista que as atividades com textos de DC sobre o tema FMC, em uma sequência de ensino, possibilitam a apropriação de novos conhecimentos, nossa **hipótese** é a de que, **a escrita do aluno expressará uma apropriação progressiva da linguagem científica, representada no domínio da habilidade de relacionar as diversas linguagens presentes na sala de aula.**

Ao considerar que os textos de divulgação científica são facilitadores entre conhecimentos e a possibilidade do aluno utilizar a linguagem da ciência para resolver situações relacionadas ao conhecimento científico, investigamos as seguintes questões:

- Quais os indicadores de uma apropriação progressiva da linguagem científica?
- Como o texto de DC influencia a escrita do aluno?
- Quais tipos de linguagens estarão presentes nas respostas escritas do aluno, após a leitura de textos de DC, em sala de aula, sobre o tema FMC?

Na próxima seção apresentamos os suportes teóricos que utilizamos para desenvolver nossa pesquisa.

1.6 - REFERENCIAIS TEÓRICOS

Apresentamos os aspectos teóricos que sustentam nossa hipótese - a de que ao realizarmos atividades com textos de DC sobre o tema FMC, em uma seqüência de ensino, a escrita do aluno expressará uma apropriação progressiva da linguagem científica, representada no domínio da habilidade de relacionar as diversas linguagens presentes na sala de aula. Para isso, buscamos nas teorias de Vygotsky e Bakhtin os suportes teóricos que fundamentarão as questões relativas à apropriação e à construção de enunciados estáveis característicos do gênero científico.

A linguagem como instrumento de mediação assume papel de destaque na obra de Vygotsky. Em nossa pesquisa isso não é diferente visto que na sala de aula a linguagem desempenha os papéis de instrumento de ensino e de objeto de aprendizagem. Como instrumento de ensino a linguagem permite aos interlocutores, aqui não apenas professor e alunos, mas também os textos de DC, o livro didático entre outros, transmitir os conhecimentos científicos e construir novos significados sobre o mundo. Como objeto de aprendizagem, no nosso caso esse objeto é a linguagem científica que desejamos seja adquirida pelo aluno, apresenta-se vinculada ao conhecimento científico que procuramos ensinar na escola. Em sua obra, a relação entre pensamento e linguagem é originária do

desenvolvimento e evolui ao longo de um processo dinâmico. Essa evolução e desenvolvimento seguem linhas diferentes, visto que pensamento e linguagem possuem raízes genéticas diferentes na filogênese e na ontogênese. A partir do momento em que essas linhas se fundem passa-se de um desenvolvimento biológico a um desenvolvimento sócio-histórico. Nas crianças pequenas o pensamento evolui sem a linguagem. A linguagem tem função apenas social e, segundo Vygotsky, nesta fase a linguagem apresenta um desenvolvimento pré-intelectual e o pensamento um desenvolvimento pré-linguístico. Aos dois anos aproximadamente, o pensamento pré-linguístico e a linguagem pré-intelectual se encontram e se juntam, surgindo um novo tipo de organização linguístico-cognitivo. O pensamento se torna verbal e a linguagem racional. A criança passa a entender a função da linguagem e a nomear as coisas. A linguagem passa a servir o intelecto e o pensamento pode ser verbalizado. A criança, a partir daí, sente a necessidade das palavras, aprende os signos. Ela descobre a função social das palavras e a linguagem passa a ser utilizada como uma forma de estruturar, organizar e comunicar nossos pensamentos. Essas considerações procuram dar a dimensão da importância da linguagem no processo de desenvolvimento intelectual do ser humano.

Vygotsky (1999) ao formular sua teoria experimental acerca das relações entre aprendizado e desenvolvimento, parte de quatro séries de investigações, cujo objetivo comum é o de revelar as inter-relações complexas existentes em certas áreas do aprendizado escolar: leitura e escrita, gramática, aritmética, ciências sociais e ciências naturais. Essas investigações concentraram-se no nível de

maturidade das funções psíquicas no início da educação escolar e na influência da educação escolar sobre seu desenvolvimento; na seqüência temporal do aprendizado e do desenvolvimento; na função de "disciplina formal" das várias matérias escolares. Vygotsky contribuiu fundamentalmente para a educação ao conceber que as funções psíquicas do indivíduo são constituídas na medida em que são utilizadas, sempre na dependência do legado cultural da humanidade. Ele vinculou a construção das funções psíquicas da criança à apropriação da cultura humana, através de relações interpessoais dentro da sociedade à qual pertence. Na medida em que Vygotsky viu a aprendizagem como um processo essencialmente sócio-cultural - que ocorre na interação com adultos e companheiros mais experientes, onde o papel da linguagem (tanto escrita como oral) é destacado - ele percebeu que é na apropriação de conhecimentos socialmente disponíveis que as funções psicológicas humanas são construídas.

Desse modo, na evolução geral de um indivíduo, à medida que a linguagem e o pensamento se desenvolvem, as componentes semânticas das palavras alteram-se e associam-se novos significados às palavras já conhecidas. Na escola, processo semelhante ocorre, visto que a aquisição de novos significados para certas palavras de uso comum se integram agora a uma linguagem que se quer cientificamente correta. A oportunidade de se exprimir escrita e oralmente, explicando, prevendo e integrando novas informações em esquemas já existentes é um complemento essencial da aprendizagem, para o qual é fundamental utilizar uma linguagem correta.

Segundo Vygotsky, a apreensão de uma palavra nova que se apresenta para a criança e a apreensão dos conceitos científicos, perpassa pelo processo da escrita. A escrita, guarda em si o significado formal das palavras e envolve funções psicológicas superiores complexas. A escrita requer um número muito maior de palavras do que a fala oral, para expressar a mesma idéia e por isso utiliza expressões "que soariam artificiais" na conversação. Na escrita a comunicação só pode ser obtida através das palavras e suas combinações, exigindo formas complexas de organização - "daí necessitarmos de rascunhos".

Ao se referir à aquisição dos conceitos científicos, Vygotsky nos chama a atenção para o caminho de distanciamento/aproximação e de descontextualização/contextualização, que se deve empreender entre objeto e palavra, com vistas a alcançar níveis de referencialidade cada vez mais próximos entre professor/aluno, texto/aluno. Quanto mais vezes esse caminho de "ida" e "volta" é percorrido, mais o aluno consegue estabelecer sentidos e significados, aproximando cada vez mais os níveis de referencialidade e de intersubjetividade conformados no ambiente de sala de aula.

Assim, quando o aluno externaliza um pensamento (pertencente à zona do sentido), o mesmo transporta-se para a zona do significado mais estabilizado. Ou seja, ele transfere seu pensamento do plano interno (semântico) para o plano externo (da lingüística, da gramática). Ao escrever o pensamento se completa através da palavra.

Em nossa pesquisa acreditamos que as atividades realizadas com textos de DC, mediando a aquisição da linguagem científica, desencadearão relações entre as diversas formas de linguagens presentes no horizonte de eventos da sala de aula. Essas interações possibilitarão aos alunos construções mais elaboradas, expressas nos próprios escritos. A idéia aqui apresentada concebe a escrita, não apenas como reprodução do que se ouve ou lê, mas com a função de gerar uma resposta pessoal a qualquer questão, para clarificar e exteriorizar idéias, para construir e criar fundamentos para uma estrutura de conhecimento.

O escrito do aluno, na maioria das vezes estará impregnado de falas dos outros, do discurso dos outros. Estes outros, presentes em seu escrito, podem ser o autor/escritor do texto de DC, o autor do livro didático, o autor de outro texto ao qual o aluno remete, o professor, o próprio aluno. Neste sentido, na investigação do processo de ensino e aprendizagem de ciências é importante considerar a linguagem como o principal instrumento mediador da aquisição de uma nova visão de mundo pelos alunos.

Para identificarmos as marcas discursivas na escrita do aluno nos reportamos a Bakhtin. Nossa pesquisa permitiu identificar a existência alguns indicadores fundamentais para a compreensão do processo de construção de significados em salas de aula de ciências. Entre eles destacamos o gênero e o tema. A análise dos gêneros de discurso na escrita dos alunos tem por referência as reflexões de Bakhtin (2002) de que, apesar de cada enunciado poder ser considerado individualmente, este se constitui em elos enunciativos mantidos por uma esfera

de utilização da língua. A relação entre a linguagem e a atividade humana desenvolve seus próprios tipos relativamente estáveis de enunciados que se caracterizam em gêneros de discurso. Segundo o autor, em todas as esferas da comunicação humana, estabelecem-se formas mais ou menos estáveis de enunciados, que configuram os gêneros de discurso que estão ligados aos contextos em que determinado discurso é produzido. O gênero, na teoria bakhtiniana, é a imagem de uma totalidade em que fenômenos da linguagem podem ser apreendidos na interatividade dos textos ao longo dos tempos. Ao examinar os gêneros de discurso sob esse ponto de vista o conceito de texto para Bakhtin apresenta-se como modalidade composicional, produto comunicativo, unidade de informação ligada à vida interativa. Isso significa dizer que um gênero de discurso é construído na relação estabelecida entre diferentes formas de discursos em uma mesma língua e reflete as condições e os objetivos do meio social em que se insere. Nesse sentido, a resposta escrita do aluno reflete as influências dos diversos gêneros de discurso presentes na sala de aula. Assim, nos parece que na escrita do aluno não há uma simples inserção de elementos textuais e gramaticais dos diversos gêneros. Parece haver a conformação de um gênero específico, “resultado de misturas”, como afirma Bakhtin, ao se referir aos textos.

Desse modo, olhar para a sala de aula através desse indicador permite resignificar vários resultados de pesquisa em que, por exemplo, limita-se às falas de alunos às estruturas conceituais alternativas. Muitas dessas estruturas enunciativas

caracterizam uma maneira de “falar”, do uso de um gênero de discurso específico pelo aluno em sala de aula.

O segundo indicador para a análise da dinâmica discursiva é o tema. Por tema entendemos o conteúdo do discurso, o sujeito concreto ou abstrato de troca discursiva presente na interação dos “falantes”, por exemplo, um determinado elemento de um objeto técnico ou de um fenômeno físico. Em nossa pesquisa, a sequência de ensino aplicada aos alunos de uma turma da 3ª série do ensino médio é estruturada sobre o tema FMC, que por sua vez, focaliza o comportamento dual da radiação e matéria. Contudo, a resposta do aluno, que é nosso objeto de análise, apresenta-se conformada pela escolha de vários subtemas selecionados nos textos de DC. Assim, entendemos que o objeto de troca discursiva (o conteúdo da resposta escrita) constitui um sub-tema selecionado pelo aluno. Este por sua vez, pode ter sua origem a partir dos textos de DC, das falas do professor, dos recursos utilizados durante a aplicação da sequência (filmes didáticos, transparências), de sua memória pessoal.

A multiplicidade de “textos” presentes na sala de aula garante a escrita do aluno. Isso nos remete ao conceito de intertextualidade. O conceito de intertextualidade foi estudado primeiramente por Bakhtin que o utilizou como conceito operacional de teoria e crítica literária, como nos afirma Paulino (1995:21). Bakhtin, ao caracterizar o romance moderno como dialógico, isto é, como um tipo de texto em que as diversas vozes da sociedade estão presentes e se entrecruzam, mostrou que “ser dialógico” implica na relativização do poder de uma só voz. Isto quer dizer

que, os romances retomam gêneros e formas literárias ao serem engendrados. O estudo de Bakhtin sobre o romance de Dostoiévsky deixou isso claro. O fenômeno do dialogismo no contexto literário tem como base o conceito de intertextualidade. Completando, Paulino (1995:21) cita o conceito de intertextualidade de Júlia Kristeva que na esteira de Bakhtin assim se pronuncia: “todo texto é um mosaico de citações, todo texto é uma retomada de outros textos. Tal apropriação pode se dar desde a simples vinculação a um gênero, até a retomada explícita de um determinado texto.”

Em Koch (2003:59) encontramos um conceito de intertextualidade no sentido amplo e restrito. A autora inicia citando Barthes (1974):

“O texto redistribui a língua. Uma das vias dessa reconstrução é a de permutar textos, fragmentos de textos, que existiram ou existem ao redor do texto considerado, e, por fim, dentro dele mesmo; todo texto é um intertexto; outros textos estão presentes nele, em níveis variáveis, sob formas mais ou menos reconhecíveis”.

O texto visto sob esse olhar, como um objeto heterogêneo que revela a relação com outros textos com os quais dialoga, retoma e se opõe, conduz Koch a uma distinção entre intertextualidade em sentido amplo e intertextualidade em sentido restrito. Em sentido amplo, a intertextualidade pode ser aproximada, na perspectiva da Análise do Discurso, do conceito de interdiscursividade (ou heterogeneidade constitutiva). Em sentido restrito, a intertextualidade é considerada a partir da relação de um texto com outros textos previamente existentes, isto é, efetivamente produzidos. Entre os tipos de intertextualidade em

sentido restrito, apresentados pela autora, interessa-nos a intertextualidade dos tipos explícita, implícita e das semelhanças. “A intertextualidade é explícita, quando há a citação da fonte do intertexto, como acontece no discurso relatado, nas citações e referências; [...] A intertextualidade implícita ocorre sem citação expressa da fonte, cabendo ao interlocutor recuperá-la na memória para construir o sentido do texto [...] em certos tipos de paráfrases ...” Na intertextualidade das semelhanças, o texto incorpora o intertexto para seguir-lhe a orientação argumentativa e, freqüentemente, para apoiar-se nele a argumentação ...” (Koch,2003:63).

Para concluir, nossa rápida revisão bibliográfica evidencia o amplo questionamento sobre a leitura e a escrita no ensino médio. Destacamos que nosso trabalho visa consolidar aspectos metodológicos desenvolvidos em um grupo de pesquisa¹⁶ em coerência ao quadro teórico aqui descrito. No próximo capítulo apresentaremos detalhes dos procedimentos de coleta e de análise dos dados.

¹⁶ Corrêa et all (2003)

CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA DE PESQUISA

2.1 - PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

O problema de pesquisa que orienta esta investigação é identificar, através do escrito do aluno, se a leitura de textos de DC favorece a aquisição da linguagem científica. Neste sentido, faz-se necessário os registros produzidos por eles em sala de aula. O primeiro passo foi elaborar uma seqüência de ensino que nos permitisse ter acesso aos registros dos alunos através das atividades nela contidas. A conformação desta seqüência de ensino passou por várias etapas até chegarmos à sua forma final, a qual foi trabalhada com os alunos de uma turma de 3ª série do ensino médio de uma escola pública federal escolhida como representante exemplar para nosso objeto de estudo.

Para ampliar o alcance de análise dos dados registramos simultaneamente em áudio, através de um gravador portátil, e em um caderno de campo os elementos verbais e não verbais do discurso dos alunos durante a aplicação da seqüência. Registramos também, no caderno de campo, a disposição dos alunos na sala, para a maioria das aulas. Posteriormente, transformamos o registro em áudio, dos discursos dos alunos e professor, em um quadro de narrativas¹⁷. O quadro de narrativas obtido a partir da transcrição das fitas de áudio, juntamente com as anotações do caderno de campo constituem valiosa fonte de informação complementar visto que, utilizados em conjunto, possibilitaram colocar em

¹⁷ VER: VILLANI, C. E. P. (2002)

evidência elementos verbais e não verbais que nos auxiliaram a análise das respostas escritas dos alunos. Vale ressaltar que optamos por não fazer o registro em vídeo dado que nosso objeto de análise é a resposta escrita do aluno obtida a partir das atividades de leitura de textos de DC.

Além das gravações em áudio das aulas durante a aplicação da seqüência de ensino, foram gravadas duas entrevistas, uma com o professor de Física (aproximadamente 60') e outra com a professora de Língua Portuguesa e Literatura (aproximadamente 30'). Em ambas, os professores procuraram traçar o perfil da turma e dos alunos individualmente. Estas entrevistas foram transcritas e têm como objetivo complementar as anotações realizadas no caderno de campo. Os dois professores de Redação da turma também contribuíram, por escrito, com o relato do perfil da subturma correspondente de seus alunos. O objetivo destas é o mesmo das entrevistas dos dois professores citados anteriormente.

2.1.1 – A situação de coleta dos dados

Os dados para esta pesquisa foram coletados durante o 4º bimestre do ano letivo de 2002, que efetivamente aconteceu no período de 13 de janeiro a 21 de fevereiro de 2003, devido à ocorrência de uma greve dos professores públicos federais no ano letivo de 2001, em uma turma de 3ª série de um curso técnico, diurna, no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET MG).

O CEFET possui características particulares em relação a maioria das escolas de Belo Horizonte, e porque não, de Minas Gerais. Trata-se de uma instituição que oferece cursos técnicos profissionalizantes reconhecidos amplamente pelo mercado de trabalho e pela população, visto que para ingressar em seus cursos, os candidatos vindos do ensino fundamental passam por rigoroso e concorrido processo seletivo. A instituição é equipada com laboratórios de Física, Química e Biologia para atender as disciplinas básicas, além de possuir laboratórios específicos para os cursos técnicos.

O contexto é estritamente escolar (a sala de aula) e os participantes foram os alunos, o professor e uma estagiária como mediadores das interações em sala de aula. Durante o período no qual a seqüência de ensino foi aplicada, a estagiária, que se encontrava na fase final do curso de licenciatura em Física na UFMG, já atuava junto a turma sob a supervisão do professor.

Trabalhamos dentro de um quadro de observação etnográfica, logo estávamos inseridos na cultura da sala de aula. Realizamos observações sistemáticas, com registro de áudio de 18 aulas da turma de 3ª série do curso técnico, período que correspondeu ao 4º bimestre letivo do ano de 2002.

Como já mencionamos anteriormente, os registros em áudio, as anotações no caderno de campo e as entrevistas e relatos obtidos dos professores de Redação (2), da professora de Língua Portuguesa e Literatura e do professor de Física da turma serviriam para a presente investigação como fonte complementar às

análises das respostas escritas dos alunos. Estas, sim, constituem nosso objeto de análise. As respostas escritas dos alunos foram coletadas durante a aplicação de uma seqüência de ensino especialmente elaborada para o contexto desta pesquisa. A conformação da seqüência de ensino, desde as primeiras conversas que mantive com o professor até o produto final, será comentada em detalhes, considerando-se sua importância enquanto instrumento de coleta de dados.

Nesta dissertação, selecionamos para análise as respostas escritas dos alunos referentes às atividades com textos de DC realizadas em dois dias de aulas. Todos os alunos estiveram submetidos diretamente à influência dos instrumentos de coleta de dados no período compreendido entre 16/01/2003 à 21/02/2003.

O conjunto de dados brutos que estamos utilizando nesta pesquisa é composto por:

- 56 textos dos alunos que contêm as respostas escritas referentes às duas atividades com os textos de DC (29 textos referem-se à atividade realizada no dia 24/01/2003 e 27 textos, à atividade realizada no dia 14/02/2003);
- 18 fitas cassetes de áudio, cada uma com aproximadamente 60 minutos de duração, totalizando cerca de dezoito horas de gravação das aulas que constituíram a seqüência de ensino;
- 2 fitas cassetes de áudio, uma com aproximadamente 60 minutos de duração, contendo a entrevista realizada com o professor de Física da turma e a outra, com 30 minutos aproximadamente, contendo a entrevista realizada com o professor de Literatura e Língua Portuguesa;

- o caderno de campo contendo o registro com anotações pessoais das aulas da seqüência de ensino;
- dois relatos de próprio punho dos professores de Redação;
- uma cópia do exemplar¹⁸ que foi distribuído para os alunos contendo a seqüência de ensino aplicada no 4º bimestre letivo de 2002 (Anexo 1).
- uma cópia de cada roteiro para discussão dos textos de divulgação científica trabalhados na seqüência de ensino (Anexo 2).

Os registros dos alunos, as anotações do caderno de campo e as fitas de áudio obtidas através dos instrumentos de coleta de dados foram preservados na íntegra de forma a permitir a reconstrução do contexto da atividade em sua integralidade.

As anotações realizadas no caderno de campo auxiliaram a construção dos quadros de narrativas das aulas nas quais os dados coletados e selecionados para análise nesta pesquisa aconteceram. Os registros das aulas foram realizados a cada dez minutos, aproximadamente. Registramos também os momentos nos quais aconteciam fatos que fugiam da situação de rotina da sala de aula. Por fim, gostaríamos de ressaltar que, na coleta de dados, foram tomados cuidados metodológicos de forma a minimizar a interferência do pesquisador na sala de aula, embora temos consciência de que o próprio ato de observar por si só altera o objeto.

¹⁸ Este exemplar constitui o material do aluno. Nele há o cronograma das atividades para o 4º bimestre letivo, o conteúdo teórico abordado, exercícios propostos, respostas dos exercícios, referências bibliográficas, sugestões de leitura, apêndice 1 (Texto: Os “quanta” da luz) e apêndice 2 (Texto: A estrutura atômica e a física quântica).

A sequência de ensino constituiu um dos principais instrumentos desta pesquisa para a coleta dos dados. Assim, julgamos necessário termos um pouco sobre ela e mostrar como idéias originadas de mentes diferentes confluíram para uma via de mão única e acabaram por conformar a sequência de ensino aplicada aos alunos da 3ª série do ensino médio de um curso técnico.

2.1.2 – As primeiras conversas

As primeiras conversas entre o professor da turma e eu aconteceram de maneira bem informal, na sala da Coordenação de Ciências do CEFET, onde ambos somos professores. Na época, em meados de abril de 2002, eu me encontrava no final do mandato como Coordenadora dos Laboratórios de Física do Ensino médio e, entre uma conversa e outra, entre uma aula e outra, ou mesmo entre um café e outro, começamos a trocar idéias de como abordar o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio utilizando textos de DC. Para o professor seria a segunda vez que ele trabalharia tal conteúdo e, de minha parte, o tema mostrava-se bastante profícuo ao problema que havia me colocado no projeto de pesquisa e mais tarde na investigação que acabou se concretizando. De um lado, o professor desejava abordar o assunto de forma diferente da que já havia trabalhado e de outro, tudo parecia confluir para a realização de minhas idéias de como abordar o assunto em uma turma de ensino médio, utilizando textos de DC. Resolvemos, então, sistematizar nossas conversas em encontros nos quais pudéssemos traçar algumas diretrizes para a elaboração de uma sequência de ensino que seria aplicada no 4º bimestre letivo do ano de 2002.

2.1.2.1 – Reflexões ... leituras ... reflexões: tecendo a sequência de ensino

Foram realizados vários encontros, nos quais participamos o professor da turma, a estagiária e eu. Nestes encontros, marcados quinzenalmente, conversamos sobre nossas expectativas e idéias acerca do assunto: porque julgamos importante ensinar FMC para nossos alunos, o que pensamos sobre FMC, quais tópicos referentes à FMC gostaríamos de ensinar e porquê. Para responder essas questões nos propomos a ler e discutir três textos: Zanetic & Pinto (1999); Robilotta (1988), e, finalmente, Arruda & Villani (1996). A leitura dos textos auxiliaram a manter nossa crença de que é possível a inserção da FMC no ensino médio apesar de estarmos convencidos de que o tema, além de complexo e novo para nossos alunos, exige a retomada de vários conteúdos trabalhados anteriormente, quer seja da série na qual os alunos se encontram, quer seja de séries anteriores.

Zanetic e Pinto (1999) sugerem como estratégia de ensino de tópicos de FMC a utilização de diferentes interpretações da História e Filosofia da Ciência, através da introdução cultural e conceitual do tema e a aplicação de um teste de perfil epistemológico com base no estudo da filosofia da ciência de Gaston Bachelard. Após a leitura e discussão desse texto ficamos muito instigados a aproveitar parte da proposta sugerida pelos autores, em particular a aplicação do teste de perfil epistemológico, o qual enfatiza aspectos da Física Quântica. Chegamos a considerar, como o fazem os autores, a possibilidade de aplicar o teste no início

da seqüência de ensino e, em seu final, devolvê-los para os alunos e discutir as possíveis alterações do perfil epistemológico de cada um ao final da seqüência.

O texto de Robilotta (1988) nos fez refletir sobre o quadro que se revela muito freqüente nas aulas de física: “Os alunos estudam, aprendem mas parecem não saber física” . Segundo o autor, este quadro cinzento não está presente apenas nas aulas de física e isso, em parte, decorre do fato dos professores desconhecerem as características intrínsecas do conhecimento físico, como os processos pelos quais ele é gerado.

“Em outras palavras, mesmo dominando com fluência alguns elementos do conteúdo técnico da física, em geral compreendemos pouco de onde ele veio e o que é a física enquanto disciplina. Daí decorre o ensino cinzento e triste” (Robilotta, 1988:9).

O autor nos alerta para o cuidado necessário quando tratamos de um corpo de conhecimento articulado de forma complexa, tal como a física, de modo simplificado, visto que correremos o risco de torná-lo ininteligível e desarticulado para os estudantes. Isto nos fez refletir sobre a complexidade da física enquanto produto/processo (o todo explica as partes que por sua vez explicam o todo) e a possibilidade de uma teoria comportar diferentes leituras. Esta última faceta do conhecimento físico, segundo o autor, constitui um outro desafio aos professores de física:

“o de como passar aos estudantes a noção de que uma teoria pode ser contemplada de vários ângulos ou pontos de vista diferentes. Tal possibilidade abre espaço para posicionamentos pessoais no relacionamento com o conhecimento físico, de modo

que eles mesmos sejam capazes de efetuar os seus julgamentos e escolhas, sem ficarem na dependência das opiniões de outras pessoas.” (Robilotta,1988:11)

Isto favorece o desenvolvimento de uma postura crítica, por que leva o aluno a optar, forçando um posicionamento menos passivo frente ao conhecimento.

A partir dessas considerações, a escolha de um tema norteador da seqüência de ensino começou a emergir em nossas conversas. Começamos a vislumbrar o tema dualidade onda – partícula da luz como o tema que nos possibilitaria trabalhar essa multiplicidade de posicionamentos e, ao mesmo tempo, o vetor que orienta o sentido e direção de nossas idéias.

O último texto lido e discutido pelo grupo foi o de Arruda & Villani (1996). Este texto aborda as origens da Relatividade Especial de Einstein e focaliza as conquistas e rupturas no processo de desenvolvimento científico. Escolhemos este texto por guardar semelhança com o processo que estamos por engendrar em nossos alunos: a ruptura entre o modo clássico de ver o mundo e a nova forma proporcionada pela hipótese do quantum de luz. Os autores abordam a radiação do corpo negro como um dos dois problemas cruciais enfrentados pela Física no final do século XIX. Esta questão já povoava nossas discussões. Abordar ou não este tópico; se abordá-lo, como fazê-lo. Constituíam indagações que instigavam nossas mentes e falas. A questão era: o problema da radiação do corpo negro foi o marco para a idéia de quantização, então, como falar da FMC, contemplar a dualidade onda-partícula da luz sem chamar para a discussão esse problema? Por

outro lado, o problema era: a maneira como abordar o tópico deveria ser mais no plano conceitual, sem aprofundar muito no modelo. Isso parecia contraditório às idéias compartilhadas por nós e os autores do segundo texto. Trabalhar de forma simplificada requer cuidados porque corremos o risco de apresentar o conhecimento de forma desarticulada e ininteligível aos nossos alunos.

Para enfrentar essa inquietação resolvemos pesquisar em alguns livros didáticos¹⁹ uma maneira de abordar o assunto. Escolhemos discutir a radiação do corpo negro apresentando as limitações da Física Clássica e a necessidade da Física Quântica, contudo, sem aprofundar no formalismo matemático e permanecendo mais no plano das idéias. O outro problema crucial discutido pelos autores do texto diz respeito ao movimento relativo ao éter. Segundo eles, o abandono da hipótese do éter por Einstein não reside apenas nas dificuldades encontradas para a sua detecção, mas teve também origem em outros problemas que a teoria eletromagnética vinha enfrentando. De qual quer modo, os dois problemas vividos pela Física no final do século XIX foram resolvidos a partir de rupturas de idéias e a busca, por Einstein, de uma teoria unificadora. Escolhemos privilegiar a questão da ruptura de idéias em detrimento da busca de uma teoria unificadora.

Mas tudo tem seu preço. Contrapondo esse quadro favorável à inserção da FMC no ensino médio, deparamos com outras dificuldades que deveriam ser enfrentadas. A primeira delas diz respeito ao formalismo matemático presente na Física Quântica, formalismo este que ultrapassa os conhecimentos adquiridos por

¹⁹ Gaspar, 2000; Amaldi, 1995; Gualter et al, 2001

nossos alunos nessa fase de escolarização. A segunda dificuldade reside no fato de que novos conceitos serão apresentados aos nossos alunos, acostumados aos conceitos da Física Clássica. A terceira, refere-se às dificuldades em realizar experiências relacionadas aos fenômenos quânticos e à relatividade e, finalmente, a quarta, diz respeito ao texto fonte a ser utilizado como base de consulta por nossos alunos. Em nossas conversas a idéia de trabalhar com textos de DC foi por mim apresentada ao grupo. Meu projeto de pesquisa sinalizava nesse sentido e o professor da turma estava ciente a esse respeito. Portanto, era uma questão consolidada pelo grupo e respaldada por várias leituras que favoravelmente abordavam esta perspectiva²⁰. Faltava apenas escolher quais textos de DC estariam presentes na seqüência de ensino, tarefa por mim assumida. Quanto ao texto que serviria como fonte de consultas de nossos alunos tínhamos que fazer um levantamento dos livros didáticos que abordam a FMC para escolher aquele que se adequasse mais às nossas idéias iniciais. Estávamos cientes de que nos últimos anos surgiram no mercado editorial de livros didáticos, no início de forma bastante acanhada e agora nem tanto, livros que abordam alguns tópicos da Física Moderna. Uma análise preliminar de alguns desses livros²¹, mais utilizados pelos professores e alunos em nossas escolas, a princípio permitiu-nos selecionar como texto fonte para consultas de nossos alunos os itens 1.3 a 1.6 do

²⁰ Ver: Gabana, Lunardi & Terrazan, (2003); Melo & Housome (2003); Matos, Silva & Barros Filho (2003), Silva & Almeida (2003); Kawamura & Silva (2001); Ostermann & Moreira (2001); Gouvêa de Sousa (1997); Almeida & Silva (1997); Zanetic (1997); Almeida & Queiroz (1997); Silva (1997); Raboni (1997); Almeida & Ricon (1993).

²¹ Curso de Física – Alvarenga e Máximo, Scipione, 5ª ed, 2000; Imagens da Física – Ugo Amaldi, Scipione, 1995, Vol. Único; Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, editora da USP, 2001/2002; Física, Vol. Único, Alvarenga e Máximo, Scipione, 5ª ed., 1999; Física, Alberto Gaspar, Ed Ática, 1ª ed., 2000; Universo da Física, Sampaio e Calçada, Atual Ed., 2001; Física – Ciência e Tecnologia, Vol. Único, Nicolau, Penteado, Toledo e Torres, Ed. Moderna, 1998.

capítulo 1 “*A relatividade e os quanta*” do livro didático *Imagens da Física* (Ugo Amaldi, 1995). Os exercícios referentes aos assuntos abordados nesses itens foram retirados do Complemento 3 “*Física moderna: noções de Física quântica*” do livro didático *Física 3* (Gualter, Newton & Helou, 2001). Esta busca preliminar nos livros didáticos sobre tópicos de FMC revelou lacunas a serem preenchidas, como um tratamento menos superficial de temas ligados à tecnologia, suas aplicações e implicações. Contudo, observamos uma crescente preocupação dos autores, ainda presente em poucos livros, em transmitir ao estudante uma Física menos consensual e vinculada às ações dos que a produzem, através da inserção de textos referentes à história da ciência e ao fazer do cientista. Esta preocupação está presente nas falas de Auth & Angotti (2001):

(Os livros didáticos) “utilizados pelos professores conseguem reproduzir de certa maneira o que ocorre com a veiculação do conhecimento científico (sua divulgação). Porém, passam uma imagem distorcida do que é “fazer ciência”. Recheados de modelos idealizados, prontos, normalmente abordando os conhecimentos de forma linear, com os conteúdos compartimentalizados e com grande prioridade aos conhecimentos da ciência dos séculos XVII a XIX – portanto, quase ou praticamente ausentes a ciência moderna e a contemporânea -, não refletem a realidade científica, muito menos a reflexão sobre ela, sobre seu processo. Isso acaba imprimindo uma concepção de ciência que não condiz com a realidade dessa área do conhecimento e, ao mesmo tempo, impõe a questão de que há barreiras intransponíveis entre a realidade do aluno e a realidade do cientista. É fácil constatar que os aspectos que tratam dos embates ocorridos quando da construção dos conhecimentos não fazem parte de suas páginas”

Estas considerações fervilhavam em nossas mentes e aos poucos os contornos da seqüência de ensino começaram a se delinear.

O quadro acima esboçado serviu de ponto de partida para a conformação da seqüência de ensino e alguns consensos já se encontravam bem definidos até então. Como professores de uma instituição tecnológica consideramos o ensino de tópicos de FMC necessário, porque ela está presente na concepção e funcionamento de objetos e equipamentos que, direta ou indiretamente, fazem parte de nossas vidas e de nossos alunos. Acreditamos que a FMC trouxe mudanças do ponto de vista epistemológico da ciência e na nossa relação com o mundo, resultando em uma nova maneira de lançar um olhar sobre ele. Gostaríamos, assim, de discutir as implicações filosóficas e sociais dessa nova maneira de olhar o mundo e possibilitar aos nossos alunos se posicionarem em relação a essas implicações. Finalmente, desejávamos contemplar em uma perspectiva mais ampla, várias formas de abordar alguns tópicos da FMC, entretanto, mantendo até certo ponto, o formato já habitual das aulas de física. Isto significa que algumas aulas expositivas e de resolução de problemas seriam mantidas, visando a preparação dos alunos para a avaliação somativa que acontece ao final do 2º semestre letivo na escola, abrangendo todas as turmas da série.

Todas essas leituras e reflexões possibilitaram dar forma a uma seqüência de ensino colocada em prática no 4º bimestre letivo de 2002, na turma de 3ª série de um curso técnico do CEFET MG. Até chegarmos à sua forma final, elaboramos seis propostas que se encontram no Anexo 3²².

²² Além das seis propostas de seqüência de ensino, acrescentamos o exemplar da seqüência de ensino do professor, a qual é mais detalhada.

Gostaríamos de tecer alguns comentários sobre a sexta seqüência de ensino. O primeiro diz respeito aos textos de DC escolhidos. Poderíamos escolher trabalhar com outros tipos de textos de DC, como os jornalísticos ou de revistas de DC. Entretanto, escolhemos trabalhar com textos escritos por cientistas por duas razões: a primeira, possibilitar ao aluno o contato com a escrita de cientistas e físicos preocupados em divulgar suas idéias e o próprio conhecimento científico; a segunda, garantirmos aos nossos alunos segurança nas informações que ali estavam expressas. O segundo comentário diz respeito à ordem estabelecida para as atividades propostas na seqüência. Um rápido passar de olhos sobre as outras cinco propostas permite constatar que ocorreram mudanças nos tópicos, nos textos de DC, nos filmes didáticos e de longa duração e a própria ordem na qual aparecem. A ordem escolhida para apresentarmos os tópicos de FMC procura seguir a cronologia em que tais idéias e teorias que as sustentam surgiram no desenvolvimento do conhecimento científico embora o conhecimento científico não seja produzido de forma linear. Quanto ao posicionamento dos textos de DC na estrutura da seqüência de ensino, o primeiro, “Os quanta da luz”, Einstein & Infeld (1980) aparece após o assunto ter sido abordado nas aulas que o antecederam. O segundo texto de DC “A estrutura atômica e a física quântica”, Schenberg, M. (2001), que trata do átomo de Bohr, foi trabalhado anteriormente ao conteúdo que lhe diz respeito. Finalmente, os textos de DC retirados do livro “As aventuras científicas de Sherlock Holmes”, Bruce, C. (2002) encontram-se mais ao final da seqüência de ensino, visto que os mesmos contemplam os assuntos trabalhados nas aulas anteriores e acrescentam outros. O último comentário diz respeito aos

filmes presentes na seqüência de ensino. Os quatro primeiros filmes didáticos exercem a função de revisão de alguns assuntos e, particularmente o quarto, complementa o tópico “Efeito fotoelétrico”. O quinto filme didático recupera a idéia de fóton e introduz a idéia de quanta de matéria, assunto tratado nos dois últimos textos de DC presentes na seqüência de ensino. O filme de longa duração “O ponto de mutação” que nos primeiros esboços da seqüência de ensino aparecia como introdução à FMC, passou à função de dar um fechamento a todas as idéias discutidas na seqüência e de possibilitar uma reflexão mais ampla sobre a idéia de uma visão sistêmica do mundo.

Ao fazer uma reflexão pessoal sobre o caminho trilhado na elaboração da seqüência de ensino, encontro semelhanças com as idéias semeadas por Ítalo Calvino em seu livro “Seis propostas para o próximo milênio”. Estas idéias foram semeadas quando cursei a disciplina “Ensino-Aprendizagem de Ciências: Temas de Pesquisas em Educação em Ciências” sob a coordenação do Prof. Oto Neri Borges, do programa de Pós-Graduação em Educação na UFMG. Na época, lembro-me bem, junto com duas colegas de turma apresentamos um seminário cujo tema era o currículo. Nesta oportunidade fomos privilegiadas com a leitura desse livro e a possibilidade de relacionar as idéias nele contidas com o tema gerador. Isso me marcou profundamente. Marcou porque consegui vislumbrar a possibilidade de ter ali, naquelas idéias, um porto seguro e um guia de conduta para refletir sobre várias instâncias relacionadas à educação, à sala de aula, às interações que se processam no cerne das relações professor-aluno. E agora, coincidência ou não, o número de esboços desenhados da seqüência de ensino é

o mesmo. Mas não é apenas a isso que me refiro. Refiro-me, principalmente à essência de sua conformação.

Primeiramente, a leveza contrapondo-se ao peso do tema escolhido: FMC. A leveza que se apresenta na ilusão do que é real e passamos a ver o mundo com outros olhos. O peso das estruturas matemáticas que lhe sustentam e comprovam as idéias. Conformamos a seqüência de modo a abordar a FMC com leveza, sem deixar de abordar o ferramental matemático, os modelos de átomo, as constantes, as entidades físicas que protagonizam as teorias científicas e suas concepções.

Procuramos a rapidez e a lentidão. Opostos que convivem na relatividade do tempo. Nosso tempo escolar exige rapidez de ações, nosso tempo para refletir sobre algo requer lentidão nos gestos e nas palavras. Cada um tem seu tempo. Cada um faz o seu tempo. Percorremos recursivamente o mesmo caminho até que etapas sejam cumpridas. Aí, saltamos de nível e novamente o processo reinicia. A seqüência de ensino procura contemplar a rapidez no sentido de dar conta de tópicos da FMC que julgamos essenciais e, por outro lado, os mesmos tópicos, associados às leituras de textos de DC, possibilitam a recursividade e a lentidão necessária à assimilação das idéias apresentadas em sucessão e “fazem a alma ondular em uma tal abundância de pensamento, imagens e sensações...” (Calvino, 1998, p.55).

A exatidão se confunde com o indefinido nos tópicos abordados na sequência de ensino. A dualidade onda-partícula da luz e da matéria expressa claramente esse conflito. A busca por “uma linguagem que seja a mais precisa possível como léxico e em sua capacidade de traduzir as nuances do pensamento e da imaginação” (Calvino, 1998, p.72). Procuramos construir uma estrutura multifacetada em que cada aula, cada texto, cada filme nela contido “está próximo dos outros em uma sucessão que não implica conseqüencialidade ou uma hierarquia, mas uma rede dentro da qual se podem traçar múltiplos percursos e extrair conclusões múltiplas e ramificadas” (Calvino, 1998, p.86).

A visibilidade e opacidade, características que podem ser inferidas às idéias e palavras que as traduzem e as significam. A correspondência entre a palavra e a imagem que esta suscita. A imagem do fóton e a palavra que o nomeia. É essa mescla de visibilidade e opacidade que constitui o processo de sedução da FMC, capacitando-nos a pôr em foco visões de olhos fechados... de pensar por imagens.

A visão plural e multifacetada do mundo proporcionada pela FMC, particularmente pela Física Quântica, nos impõe uma relação múltipla com o mundo. Ao mesmo tempo, objetiva. A multiplicidade e objetividade da orquestração de vozes que permeiam os diferentes textos polifônicos, inconclusos e descontínuos, presentes na sequência de ensino, desvela “infinitos universos contemporâneos” onde a exploração do potencial semântico das palavras, com suas conotações e coloridos possíveis, permitem inserir algo no real e, portanto, deformar o real. O princípio de

que o observador intervém para modificar de alguma forma o fenômeno observado, resulta em deformações em nós mesmos e no mundo que nos rodeia.

Finalmente, os dois últimos opostos: a consistência e a fragilidade. Estes dois, infelizmente não foram abordados por Calvino. A consistência era projeto dele e infelizmente não pode ser concretizado. No entanto, arrisco-me a enveredar nessas idéias. As primeiras conversas, leituras e reflexões convergiram para a conformação da seqüência de ensino, resultando em um projeto consistente, com início, meio e fim. Ao mesmo tempo, frágil, porque passível de alterações durante o percurso. Isto porque, cada um de nós é uma combinatória de experiências, de informações, de leituras, de imaginações, onde tudo pode ser remexido e reordenado. Enfim, considero que a seqüência de ensino tal qual foi proposta, proporciona falarmos de inúmeras coisas, não apenas da FMC. Falar o que não tem palavra.

2.1.3 – Preparando o terreno

Ao término do 3º bimestre letivo de 2002 o professor da turma solicitou aos alunos que se organizassem em três grandes grupos e elaborassem uma linha do tempo, a partir dos três volumes do livro didático adotado pela instituição (Curso de Física, Máximo & Alvarenga). Cada grupo ficou responsável por um dos volumes e pelo levantamento das principais descobertas científicas e teorias nele contidas. Vários objetivos nortearam essa atividade: primeiro, identificar cronologicamente as principais descobertas científicas e teorias até o surgimento da Física Moderna

e Contemporânea. Segundo, contribuir para uma visão menos fragmentada da ciência, no caso a Física. Enfim, mostrar ao aluno que o processo de construção do conhecimento físico não é linear, apresenta períodos de estagnação e em outros momentos vive uma efervescência, impulsionado pelas necessidades da sociedade de maneira geral. A seguir, as três linhas foram agrupadas e ajustadas com o objetivo final de efetuarmos uma análise mais detalhada do processo de construção do conhecimento científico. A construção dessa linha de tempo constituiu o pano de fundo para o assunto que seria abordado no 4º bimestre letivo de 2002.

Simultaneamente a este trabalho de pesquisa realizado pelos alunos, aplicamos um questionário²³ para sabermos um pouco sobre a história de leitura dos alunos, o que pensavam sobre o conteúdo de FMC e quais tópicos gostariam que fossem abordados. A proposta inicial era de que o questionário fosse aplicado no meio do 3º bimestre, para que as respostas dos alunos combinadas às nossas idéias ajudassem na conformação dos tópicos e na escolha dos textos de divulgação científica que fariam parte da sequência de ensino. Devido a imprevistos ocorridos no final do ano de 2002, o professor aplicou o questionário aos alunos no último dia aula do 3º bimestre letivo, ao qual se seguiria um recesso compreendido entre 20 de dezembro de 2002 a 12 de janeiro de 2003. Desse modo, a sequência de ensino foi estruturada sem uma leitura prévia das respostas dos alunos ao questionário. Buscamos contemplar os tópicos constantes do

²³ VER: Anexo 4.

programa exigido pelo vestibular, mais especificamente o da UFMG, visto que a maioria dos alunos prestaria o vestibular apenas desta universidade.

2.1.4 - Por dentro da seqüência de ensino

Dentre os tópicos de FMC, focalizamos nossa atenção no estudo do comportamento dual da luz e da matéria e, centramos nossos esforços nas interpretações, em nível conceitual, que explicam esse comportamento. Inserimos na seqüência de ensino aulas destinadas à resolução de problemas quantitativos e qualitativos relacionados aos tópicos que possibilitam análises e comparações entre situações físicas e seus resultados experimentais e teóricos (efeito fotoelétrico e átomo de Bohr). Há de se ressaltar que algumas aulas da seqüência de ensino foram conduzidas pela estagiária supervisionada pelo professor da turma.

O 4º bimestre letivo iniciou-se com a aplicação da seqüência de ensino como já havia sido planejado. Na primeira aula o professor da turma apresentou em linhas gerais o trabalho que doravante seria realizado, apresentou-me para a turma e a pesquisa que eu estava desenvolvendo. Após os esclarecimentos iniciais e o aceite da turma em relação aos procedimentos de coleta de dados de minha pesquisa, a estagiária tomou a palavra e a aula foi conduzida por ela.

A primeira aula destinou-se a uma exposição das características fundamentais das ondas, mais especificamente, das ondas eletromagnéticas, onde se buscou

resgatar conceitos já trabalhados anteriormente (3º bimestre). Foram utilizadas transparências do espectro eletromagnético para evidenciar alguns aspectos fundamentais das radiações. Na segunda parte da aula foram exibidos três filmes didáticos, com duração média de 10 min cada um. Os filmes abordam o modelo corpuscular para a luz, o modelo ondulatório para a luz e o modelo eletromagnético para a luz, respectivamente. Os filmes foram exibidos sem interrupção e, após a exibição os alunos foram solicitados a montar um quadro comparativo entre os modelos apresentados, onde deveria constar as limitações de cada modelo, os fenômenos que cada um explica e, finalmente, apontar qual o modelo aceito pela comunidade científica ao final do século XIX. Os alunos realizaram a atividade de escrita individualmente e ao final esta deveria ser entregue para avaliação. A seguir, estava previsto a distribuição, pelo professor, de um quadro comparativo²⁴ entre os modelos, retirado do livro didático *“Imagens da Física”*, citado nas referências bibliográficas da sequência de ensino. Entretanto ocorreu uma mudança na programação. Ao invés dos alunos elaborarem o quadro comparativo entre os modelos e o entregarem para o professor ao final desta aula, os filmes foram exibidos novamente e a atividade de escrita do quadro ficou como tarefa para ser realizada em casa. Na aula seguinte o professor receberia o quadro comparativo escrito pelos alunos e entregaria para eles o quadro comparativo retirado do livro mencionado acima.

A segunda e terceira aulas foram conduzidas pela estagiária. Nestas aulas, também expositivas, foram utilizadas transparências sobre o espectro de emissão

²⁴ VER: Anexo 5

de uma cavidade – corpo negro. Os assuntos abordados na aula foram “Os Quanta de Luz” e “Propriedades Corpusculares da Luz” que se encontram no material do aluno²⁵. Ao final da aula, o professor distribuiu o quadro comparativo e recolheu a tarefa da aula anterior.

A quarta aula, dividida em expositiva e exibição de um filme didático, teve como objetivo apresentar o fenômeno “efeito fotoelétrico”, chamar a atenção para o ressurgimento do modelo corpuscular da luz, apresentar a equação do efeito fotoelétrico e discutir seus termos. O professor da turma abriu a aula retomando as idéias trabalhadas nas aulas anteriores e escreveu duas questões²⁶ no quadro que seriam respondidas após a exibição do filme didático (FD04²⁷: “A idéia do quantum”, duração: 10 min). Após a exibição do filme as questões foram respondidas pelos alunos e pelo professor. Ao final da aula, o professor deu os últimos avisos, marcou alguns exercícios e a data que deveriam ser entregues.

A quinta e sexta aulas constituíram efetivamente o primeiro momento de coleta de dados para esta pesquisa. Neste dia, com a leitura previamente solicitada aos alunos na aula anterior, eles trabalharam um texto de DC²⁸, escrito por Einstein e Infeld, retirado do livro A Evolução da Física (1980). O texto aborda o tópico “efeito

²⁵ VER Anexo 1 - Material do Aluno (p:5-9)

²⁶ VER: Anexo 6 – Página do caderno de campo

²⁷ Na sequência de ensino foram utilizados vários filmes didáticos e textos de DC, logo criamos uma codificação alfa numérica para cada um deles. Para os filmes didáticos utilizamos as letras “FD” seguidas de dois números que correspondem a ordem cronológica com que foram exibidos. Para os textos de DC utilizamos as letras “TD” seguidas também de dois números, os quais representam a ordem cronológica com que foram trabalhados na sequência de ensino. Assim, o filme didático “A idéia do quantum” corresponde em nossa codificação FD04.

²⁸ O texto TD01 “Os “quanta” da luz” encontra-se no anexo 7.

fotoelétrico”, trabalhado na aula anterior, e após sua (re)leitura os alunos receberam uma folha²⁹ com atividades referentes ao texto. A atividade foi individual e os alunos puderam consultar o material recebido no início da aplicação da seqüência de ensino e anotações de aula. Ao final da aula eles entregaram a folha da atividade ao professor, independentemente de tê-la ou não concluído. O objetivo da atividade proposta foi verificar a capacidade dos alunos em formular questões pertinentes ao tema abordado pelo texto, sem extrapolar o tema abordado. Consideramos que as respostas dos alunos, principalmente em relação à segunda parte da atividade, revelarão suas dúvidas e curiosidades sobre o tema. Ao final da aula o professor agendou com os alunos exercícios sobre “quanta de luz e efeito fotoelétrico”, presentes no material do aluno, os quais seriam discutidos na aula seguinte.

A sétima aula foi dedicada à discussão dos exercícios propostos na aula anterior. Esta aula foi conduzida pelo professor.

A oitava e nona aulas constituíram o segundo momento de coleta de dados para esta pesquisa. Neste dia, diferentemente do dia no qual trabalharam o texto sobre o efeito fotoelétrico - após o assunto ter sido previamente abordado pelo professor - os alunos leram um texto³⁰ que aborda o átomo de Bohr, antes do professor abordar o assunto em sala de aula. A atividade foi individual e cada aluno recebeu

²⁹ VER no Anexo 2 - Atividade de Física Moderna: Texto TD01 “Os “quanta” da luz”

³⁰ O texto TD02 “Estrutura atômica e física quântica” encontra-se no Anexo 8.

um roteiro³¹ com atividades relacionadas ao texto. O texto foi escrito por Mário Schenberg (2001) e nele o autor retoma a trajetória dos modelos atômicos até o modelo do átomo de Bohr. As questões presentes no roteiro buscaram verificar se o aluno é capaz de, ao efetuar uma leitura do texto como busca de informação, retirar dele as informações localizadas na superfície do texto (nível mais superficial) e realizar inferências e relações entre o tema abordado pelo texto e temas já estudados anteriormente (nível mais profundo). Ao realizar essas tarefas, acreditamos que o aluno estará colocando em prática ações que mobilizam conhecimentos passados e presentes.

As décima, décima primeira e décima segunda aulas, expositivas, foram conduzidas pela estagiária e contemplaram o modelo de átomo de Bohr. O tema da aula encontra-se no material do aluno³². Ao final da décima segunda aula o professor agendou exercícios sobre o assunto tratado em aula e a preparação da leitura do texto de DC TD03 “O caso das balas voadoras” para a aula seguinte.

A décima terceira aula teve seu planejamento alterado. O professor da turma retomou o assunto “átomo de Bohr” e discutiu alguns exercícios relacionados ao tema. Desse modo, a atividade prevista com o texto de DC TD03 foi transferida para a aula seguinte.

³¹ VER Anexo 2 - Atividade de Física Moderna: TD02 - “Estrutura atômica e física quântica”

³² VER: Anexo 1 (p. 9-12)

As décima terceira, décima quarta e décima quinta aulas constituíram momentos de coleta de dados para esta pesquisa. Antes dos alunos terem iniciado a atividade com os textos de DC o professor da turma escreveu no quadro o mapa do curso contendo as idéias principais discutidas até então e distribuiu uma folha com notas de aulas³³, abordou algumas questões retiradas dos textos de DC do livro “As aventuras científicas de Sherlock Holmes”, Bruce, C. (2002) e delimitou alguns problemas relacionados a essas questões, sem a preocupação de fornecer todas as respostas. O material referente aos três textos de DC, capítulos do livro “As aventuras científicas de Sherlock Holmes”³⁴ foi disponibilizado com antecedência para os alunos para que pudessem fazer uma leitura prévia dos casos. A seguir o professor leu para os alunos os roteiros das atividades³⁵ com os textos de DC antes da exibição de dois filmes didáticos³⁶. Antes da exibição dos filmes, a pedido do professor, eu passei algumas informações sobre Conan Doyle, criador do personagem Sherlock Holmes, e uma aluna manifestou ter lido um de seus livros. Após a exibição dos filmes, as atividades com os textos de DC foram realizadas individualmente. As questões propostas nas atividades buscaram verificar se os alunos conseguem relacionar os assuntos tratados durante a sequência de ensino com assuntos tratados em outros momentos da vida escolar e, levantar hipóteses acerca de situações e fatos polêmicos da Física Moderna e Contemporânea. Ao final da aula os alunos entregaram as respostas escritas dos roteiros. Entretanto, a atividade referente ao texto de DC TD03 não foi concluída

³³ VER: Anexo 9.

³⁴ Os três textos: TD03 “O caso das balas voadoras”; TD04 “O caso do criado desleal” e TD05 “O caso da praia deserta” encontram-se, respectivamente, nos Anexos 10, 11 e 12.

³⁵ Os roteiros das atividades com os três textos encontram-se no Anexo 2. Os dois últimos textos foram trabalhados em uma só atividade.

³⁶ Filmes didáticos: FD05 “Fóton” e FD06 “Ondas de matéria”, duração de 10 min cada um.

pela maioria dos alunos, por conseguinte o professor pediu aos alunos concluir a atividade em casa.

Na décima sexta aula foi exibido um filme comercial³⁷ de longa duração (aprox. 1:55h): “O ponto de mutação” baseado no livro de mesmo nome cujo autor é Fritjof Capra. Esta atividade teve como objetivo dar um fechamento à seqüência de ensino visto que o filme retoma idéias e teorias abordadas por Newton, passando por Descartes, Galileu, Kepler até a década de 80 do século XX aproximadamente. Através da conversa empreendida entre um poeta, um político e uma cientista o filme contempla uma visão sistêmica do mundo onde as partes influenciam o todo. A atividade³⁸ relacionada ao filme ficou como tarefa para os alunos realizarem em casa e foi recebida pelo professor na aula seguinte. A atividade relacionada ao filme teve como objetivo verificar a capacidade de síntese e argumentação dos alunos e o posicionamento deles com relação às idéias discutidas no filme. Ao final da aula o professor recolheu as respostas escritas da atividade proposta com o texto de DC TD03.

As décima sétima e décima oitava aulas foram divididas em três momentos: o primeiro momento, que durou aproximadamente 50 minutos, restringiu-se aos comentários sobre o filme assistido na aula anterior. Vários alunos teceram comentários pertinentes sobre os personagens, sobretudo comentários relacionados à ciência e suas implicações nas vidas das pessoas e no mundo que

³⁷ Na aplicação da seqüência de ensino exibimos apenas um filme comercial. Em nossa codificação alfa-numérica esse filme é representado por “FC01”.

³⁸ VER: Anexo 13 - Roteiro da atividade com o filme FC01.

nos cerca. No segundo momento, cuja duração foi de aproximadamente 20 minutos, o professor distribuiu um texto³⁹ para os alunos e o leu. Poucos comentários surgiram. Então, no terceiro momento da aula, o professor deu início a leitura das perguntas mais frequentes na 2ª parte da atividade proposta com o TDC “Os “quanta” da luz” realizada nas 5ª/6ª aulas da seqüência de ensino. O objetivo foi o de devolver para os alunos as próprias perguntas e, no coletivo, buscar por respostas. Algumas já haviam sido respondidas ao longo da seqüência. Outras não. A pergunta que mais suscitou posicionamentos e indagações foi: “Por que o interesse sobre a natureza da luz?”. A seguir alguns alunos teceram alguns comentários sobre a seqüência de ensino trabalhada ao longo do 4º bimestre. No encerramento da aula o professor cedeu-me a palavra. Agradei a oportunidade concedida de partilhar momentos ímpares com a turma, com professor, com estagiária... Assim se deu o encerramento da seqüência de ensino.

Como um iceberg que se deixa revelar minimamente, tentamos mostrar, em linhas gerais, a orquestração dos fazeres dos alunos, professor e estagiária na seqüência de ensino. Durante essas 18 aulas percebemos nuances de harmonia e de descompasso. E foi do meio dessa complexa cadência que selecionamos as atividades que analisamos nesta pesquisa.

³⁹ VER: Anexo 14

2.2 - PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS

Nossa análise dos dados foi construída ao longo do processo. Tínhamos uma grande quantidade de material em mãos e recortes seriam necessários. Passos deveriam ser dados nesse sentido e, pensando nisso iniciamos nosso caminhar rumo ao texto do aluno. A seguir tratamos dessas aproximações.

2.2.1 - A 1ª aproximação: selecionar as atividades a serem analisadas

Procurávamos uma maneira de iniciar a análise microscópica de nosso objeto. Estávamos cientes de que cortes seriam necessários em vista do volume de registros escritos dos alunos. Durante a sequência de ensino recolhemos ao todo oito tipos de registros: o questionário sobre a história de leitura dos alunos e suas impressões sobre a FMC; o quadro comparativo entre os modelos clássicos para a natureza da luz; as respostas escritas referentes às atividades com os cinco textos de DC trabalhados na sequência de ensino e a resposta escrita referente ao roteiro para discussão do filme “O ponto de mutação”. Sem deixar de vista nossa proposta inicial, investigar as respostas escritas dos alunos em atividades mediadas por textos de DC, realizamos nosso primeiro corte. Estávamos determinados a analisar apenas as respostas escritas obtidas a partir das atividades com os textos de DC. Porém, constatamos que o volume de dados era enorme: cinco textos de DC em uma turma de vinte e nove alunos, ou seja, aproximadamente cento e quarenta e cinco registros que continham as respostas escritas dos alunos.

Estávamos diante de um novo impasse: selecionar as atividades das seqüência de ensino que forneceriam as respostas escritas dos alunos para serem analisadas. As escolhas fazem aflorar nossas crenças e expectativas subjetivas em relação ao objeto que investigamos. De um lado somos atraídos pelas idéias que constituem a gênese de nossos anseios mais íntimos: a perspectiva de rupturas no modo de olhar o mundo. De outro, o objetivo traçado no sentido de que nossos alunos se apropriem de uma linguagem científica. Ao perseguir esses propósitos, selecionamos como objeto de análise de nossa pesquisa as respostas escritas dos alunos obtidas a partir das atividades com os textos TD01 “Os quanta da luz”, Einstein e Infeld ; TD04 “O caso do criado desleal” e TD05 “O caso da praia deserta”, Bruce, C.. Os seguintes critérios foram utilizados para fazer essa seleção:

- 1) os três textos encontram-se separados espaço-temporalmente na seqüência de ensino, portanto acreditamos que este fato possibilita a identificação de uma apropriação progressiva da linguagem científica.
- 2) os três textos abordam o caráter dual da luz e matéria eleito como eixo norteador da seqüência de ensino quando esta ainda estava sendo construída. Somado a isso, a discussão sobre o caráter dual da luz, sob o foco do experimento do efeito fotoelétrico, é abordada nos dois primeiros textos selecionados e ampliada para a discussão do caráter dual da matéria no terceiro texto. Esse encadeamento, por vezes recursivo e hierárquico, mostra-se também desarticulado no interior dos textos e nos debates empreendidos entre os personagens. Tal aspecto possibilita o contato do aluno com idéias e teorias

científicas focalizadas sob pontos de vista diferentes e defendidas pelos personagens através de argumentos e contra-argumentos;

3) finalmente, os roteiros dessas atividades exigem que o aluno expresse seu posicionamento em relação às teorias abordadas. Este aspecto oportuniza o surgimento de questionamentos em relação à ciência do tipo: epistemológico, pragmático, de ceticismo, de crença entre outros.

A seguir apresentamos uma visão geral das atividades selecionadas pontuando as instruções nelas contidas e apresentamos um quadro com os objetivos das mesmas.

2.2.1.1 - Visão geral das atividades selecionadas

A atividade⁴⁰ com o texto de DC TD01, encontra-se dividida em duas partes. A 1ª parte da atividade solicita ao aluno elaborar no mínimo três questões e suas respectivas respostas. As perguntas e respostas devem abordar assuntos tratados no texto e as respostas devem estar no texto. A 2ª parte da atividade solicita ao aluno elaborar no mínimo três perguntas sobre os assuntos tratados no texto, porém as respostas (caso ele saiba responder é solicitado que o aluno as responda) não podem estar presentes no texto. A atividade com os textos de DC TD04 e TD05 apresenta:

⁴⁰ VER Anexo 2.

- um quadro dividido em duas colunas que foi preenchido pelo aluno com os argumentos defendidos pelos dois personagens dos textos de DC que debatem a respeito do comportamento dual da luz e matéria;
- uma pergunta que solicita a posição do aluno em relação às idéias discutidas nos textos.

O Quadro 1 explicita os objetivos das duas atividades com os textos de DC:

TEXTO DE DC	OBJETIVOS DAS ATIVIDADES
TD01	1ª parte da atividade: - identificar as idéias principais do texto; - revelar compreensão do texto; - revelar capacidade de síntese, expressando-se em linguagem científica.
	2ª parte da atividade: - levantar questões sobre os assuntos tratados no texto; - revelar expectativas relacionadas aos assuntos tratados no texto; - explicitar lacunas de sentido no texto fonte; - expressar-se em linguagem científica.
TD04/TD05	- identificar os argumentos defendidos pelos personagens no que diz respeito ao comportamento dual da luz e matéria; - estabelecer relações entre as idéias e as teorias científicas defendidas pelos personagens; - posicionar-se em relação ao comportamento da luz e da matéria à luz das teorias científicas abordadas.

QUADRO 1 - Objetivos das atividades com os textos de DC TD01, TD04 e TD05.

Os três textos selecionados que compõem as duas atividades realizadas pelos alunos são:

1º) TD01 – “Os quanta da luz”, Einstein, A. & Infeld, L. A Evolução da Física, Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1980, 4ª edição, 240p. (p.208-213).

2º) TD04 – “O Caso do Criado Desleal”, Bruce, C. As aventuras científicas de Sherlock Holmes. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, (2002), p.254 (p.171-188)

3º) TD05 – “O Caso da Praia Deserta” Bruce, C. As aventuras científicas de Sherlock Holmes. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, (2002), p.254 (p.189-205)

O texto TD01 foi trabalhado na atividade realizada no dia 24/01/2003 e os outros dois, TD04 e TD05, no dia 14/02/2003. No Anexo 15 apresentamos a sinopse desses textos.

Escolhidas as atividades com os textos de DC que nos forneceriam as respostas escritas dos alunos para serem analisadas, o próximo passo foi dado no sentido de identificar elementos textuais e gramaticais nesses textos. Esta iniciativa teve como objetivo auxiliar a análise das respostas escritas dos alunos. Nossa hipótese era a de que elementos presentes nos textos de DC estariam presentes nas respostas dos alunos.

2.2.1.2 - Os elementos textuais e gramaticais presentes nos textos de DC

Para identificar e caracterizar os elementos textuais e gramaticais presentes nos textos de DC da sequência de ensino utilizamos como referência as pesquisas de Zamboni (1997) e Braga (2003). De Zamboni utilizamos os resultados obtidos pela autora ao analisar as condições de produção do discurso de DC e por consequência dos textos de DC. A autora notou que, como resultado das condições de produção do DC, a superfície dos textos de DC revelam traços de

cientificidade, laicidade e didaticidade. Entre os traços identificados pela autora, encontramos nos textos de DC presentes na sequência de ensino: nomeação⁴¹ (consiste em denominar uma entidade física ou idéia, cujas características próprias e essenciais já foram enunciadas); exemplificação⁴² (o uso de exemplos para tornar mais compreensível, através de situações concretas, determinado conceito ou idéia abstrata); presença de procedimentos explicativos⁴³ (suspensão das proposições e entradas dirigidas a um receptor leigo, com função didática); gancho frio⁴⁴ (narrativa para introduzir o leitor na argumentação que está por vir, com o objetivo de envolver o leitor e o instigar a continuar a leitura); comparações/analogias⁴⁵ (largamente empregados na explicação de fenômenos e conceitos pouco familiares ao leitor leigo, consistem na percepção de semelhanças entre coisas, seres, idéias proporcionando a aproximação de dois campos semânticos semelhantes); metáforas⁴⁶ (transferência de determinado termo ou expressão, pertencente a um campo semântico, para outro, distinto daquele ao qual comumente está associado); interação com o leitor⁴⁷ (introduz o leitor para o assunto que está sendo discutido) e parafraseagem⁴⁸ (explicação de termos ou taxonomia técnica através de outros provenientes do uso comum).

⁴¹ Como exemplo de “nomeação” encontrado nos textos de DC, consultar Anexo 7: TD01 (L.28,29).

⁴² VER: Anexo 7: TD01 (L.137); Anexo 11: TD04 (L. 351) e Anexo 12: TD05 (L. 348).

⁴³ VER: TD01 (L.108,120); TD04 (L.540,571) e TD05 (L.95,111).

⁴⁴ VER: TD01 (L.1,16); TD04 (L.1,55) e TD05 (L.1,43).

⁴⁵ VER: TD01 (L.124,126); TD04 (L.462,467) e TD05 (L.155,159).

⁴⁶ VER: TD01 (L.130,131); TD04 (L.487,493) e TD05 (L.139,140).

⁴⁷ VER: TD01 (L.37,38) (L.58,66)

⁴⁸ VER: TD01 (L.84,86); TD04 (L.364,366) e TD05 (L.187,193).

Ao analisar os principais gêneros de discurso que condicionam a produção do texto de Biologia nos livros didáticos de Ciências, Braga (2003) identificou a presença de elementos pertencentes aos gêneros do discurso científico, didático e cotidiano. Entre os elementos gramaticais do gênero científico e didático propostos por Halliday & Martin (1993), referencial utilizado pela autora, encontramos nos textos de DC: taxonomia técnica, algumas expressões especiais, diagramas e descontinuidade semântica. Embora a taxonomia técnica seja considerada por Halliday & Martin um elemento característico do texto científico e dos textos didáticos, está presente nos textos de DC da sequência de ensino. Segundo os autores, a taxonomia técnica, presente nas explicações e definições, apresenta valor funcional definido, nomeia entidades, classes e processos (muito frequentes nos textos de DC da sequência de ensino). As expressões especiais⁴⁹ são identificadas como símbolos e equações, mais frequentes na Matemática. Os diagramas, comuns nos textos científicos e didáticos, são usados com a finalidade de estabelecer relações da parte com o todo, sintetizar informações, dados de taxas e proporções, entre outras. Nos textos de DC⁵⁰ presentes na sequência de ensino identificamos alguns diagramas, porém com função de auxiliar e complementar uma linha de raciocínio. E a descontinuidade semântica⁵¹ é considerada como “lacunas de sentido” no texto e pressupõem que o leitor possui o domínio sobre os temas abordados no texto.

⁴⁹ VER: TD04 (L.220) (L.260,261) (L.266,268).

⁵⁰ VER: TD04 (L.245), páginas 179 e 184.

⁵¹ VER: TD01 (L.23,26); TD04 (L.364,368) e TD05 (L.194,199).

Os elementos do gênero do discurso didático presentes nos textos de DC são as recapitulações, metáforas e exemplificações. Ao utilizar Bernstein como referência, Braga (2003:49) destaca, no gênero do discurso didático, as recapitulações e metáforas como elementos ditos regulativos, ou seja, determinam como deve ser a transmissão dos conteúdos. As recapitulações⁵² têm como objetivo manter a narrativa, fornecem o contexto necessário ao entendimento do que será introduzido como conhecimento novo (Braga, 2003, p.49). Já as metáforas⁵³, como figuras de linguagem, têm como função “traduzir” os conceitos científicos em linguagem comum, facilitar o entendimento de modelos e explicações científicas”. (Braga, 2003,p.50). As exemplificações⁵⁴, tal como utilizadas na DC, têm como função tornar mais compreensível, através de situações concretas, determinado conceito ou idéia abstrata.

Do gênero de discurso cotidiano percebemos a presença de certos elementos que são inseridos no texto para possibilitar fácil entendimento para o leitor de determinados temas ou assuntos. Geralmente esses elementos pertencem à vivência do leitor ou capturados do senso comum⁵⁵.

Ainda percebemos nos textos de DC a presença de descrições e algumas explicações - seqüências explicativas. Segundo Mortimer (2000) citado por Braga (2003, p.80) tanto as descrições quanto as explicações (ou seqüências

⁵² VER: TD01 (L.66,77); TD04 (L.272,275) e TD05 (L.517, 530).

⁵³ VER: TD01 (L.21,23); TD04 (L.378,394) e TD05 (L.194,199).

⁵⁴ VER: TD01 (L.137); TD04 (L. 351) e TD05 (L. 348).

⁵⁵ VER: TD01 (L.180,183); TD04 (L.382,385) e TD05 (L.494,496).

explicativas) são categorias que caracterizam o conteúdo temático do discurso de sala de aula. “As descrições⁵⁶ envolvem enunciados que dizem respeito a um sistema, objeto ou fenômeno em termos de seus constituintes ou dos deslocamentos espaço-temporais desses constituintes e são da ordem do narrar. Por sua vez, as explicações⁵⁷ estabelecem relações entre entidades e conceitos, importando algum mecanismo ou modelo para dar conta de um fenômeno específico e são da ordem do expor” (Braga, 2003, p.80). Desse modo, uma seqüência explicativa apresenta-se em quatro fases: constatação inicial; problematização; resolução; conclusão/avaliação. Outro elemento classificado como pertencente ao gênero do discurso de sala de aula e encontrado nos textos de DC da seqüência de ensino, são as demonstrações, segundo Martins (1999:111), utilizadas para construir significações. No texto de DC⁵⁸ elas são utilizadas com a função de exemplificar e sustentar uma argumentação, ou seja, fazem parte de uma explicação (ou seqüência explicativa).

Os elementos textuais e gramaticais identificados nos três textos de DC trabalhados nas atividades selecionadas possibilitaram uma visão ampliada das influências dos diversos gêneros de discurso presentes na DC. Sem querer aprofundar nesta arena, tão pouco é nosso objetivo nesta pesquisa, compartilhamos, particularmente com Zamboni no que diz respeito à produção do discurso de DC, há a formação de um “novo discurso”. Resultado semelhante foi encontrado por Braga em relação ao texto de Biologia do livro didático de

⁵⁶ VER: TD01 (L.84,86), TD04 (L.274,276) e TD05 (L.516,520).

⁵⁷ VER: TD01 (L.95,107); TD04 (L.468,476) e TD05 (L.494,511).

⁵⁸ VER: TD04 (L369,394) entre outros

Ciências. Trata-se de um gênero de discurso específico, plurilíngüe, que se compõe, principalmente de elementos dos gêneros de discurso científico, didático e cotidiano.

2.2.2 - A 2ª aproximação: a leitura dos textos dos alunos

Simultaneamente a todo o processo anteriormente mencionado, empreendemos a leitura minuciosa das respostas escritas de cada aluno nas atividades selecionadas da sequência de ensino.

Da atividade com o texto TD01 catalogamos noventa e duas perguntas com suas respectivas respostas escritas pelos alunos, resultado da 1ª parte da atividade; oitenta e três perguntas e seis respostas, resultado da 2ª parte da atividade. A atividade com os textos TD04 e TD05 nos forneceram vinte e sete quadros preenchidos pelos alunos, na maioria das vezes no formato de tópicos e, vinte e oito respostas à pergunta formulada.

2.2.2.1 - A construção das categorias de análise

Procurávamos pontos de convergência e semelhança nas respostas escritas dos alunos que nos possibilitassem elaborar critérios de análise. Para o estabelecimento de critérios partimos de procedimentos analíticos propostos em outras pesquisas sobre a cognição e a linguagem em situações de educação em

ciências⁵⁹. Várias leituras das respostas escritas dos alunos foram necessárias até que algumas evidências começaram a aflorar. Mudanças aconteceram durante essas leituras. Algumas categorias se perderam nesse processo, outras surgiram e se mantiveram. Finalmente, após alguns critérios, identificamos quatro categorias: Tema; Objetivo; (HC) Horizonte de Compreensão e Leitor. Cada categoria, por sua vez, possui seus respectivos indicadores. A seguir, abordaremos cada uma delas e alguns exemplos de respostas dos alunos serão apresentados. Nos exemplos adotaremos uma codificação alfa-numérica:

- ALxx, identifica o número do aluno;
- Qx, identifica o número da questão (pergunta/resposta) formulada pelo aluno na 1ª parte da atividade com o texto TD01;
- P, identifica a pergunta respondida pelo aluno na atividade com os textos TD04 e TD05;
- Px, identifica o número da pergunta (pergunta/resposta) formulada pelo aluno na 2ª parte da atividade com o texto TD01;
- (S) e (C) referem-se às colunas do quadro presente na atividade com os textos TD04 e TD05 e localizam a resposta escrita do aluno em cada coluna - (S) para argumentos do personagem Summerlee e (C) para argumentos do personagem Challenger;
- TDxx, identifica tanto o texto de DC utilizado na atividade quanto o que serviu como fonte de referência para a resposta escrita do aluno;
- (L.xx,xx), identifica as linhas do texto fonte utilizadas pelo aluno para basear e escrever sua resposta;

⁵⁹ Nascimento (1999) e Villani (2002).

- FDxx, identifica os filmes didáticos exibidos durante o período de aplicação da seqüência de ensino;
- FCxx, identifica o filme comercial de longa duração exibido durante o período de aplicação da seqüência de ensino.

As respostas escritas dos alunos, utilizadas como exemplos, são mantidas na íntegra. Não nos preocupamos em fazer correções ortográficas ou preencher lacunas de sentido que por vezes se apresentam.

2.2.2.2 - Categorias e indicadores

2.2.2.2.1 - A categoria TEMA e seus indicadores

A categoria Tema refere-se ao assunto abordado na pergunta/resposta escrita pelo aluno. Isto é, *“sobre o que o aluno escreve”*. A partir da leitura das respostas escritas dos alunos nas duas atividades selecionadas procuramos agrupá-las por temas ou assuntos abordados. Esses agrupamentos constituem os indicadores. São nove os indicadores que compõem a categoria Tema: Entidades físicas; Fenômenos físicos; Interação radiação e matéria; Limitações e abrangência das teorias; Junção das teorias; Natureza da radiação e matéria, Terminologia das teorias; Propriedades físicas dos materiais; Aplicações.

O indicador “Entidades físicas” procurou agrupar as respostas escritas dos alunos que privilegiam como tema central entidades nomeadas pela física, interpretadas por nós como “coisas” ou “algo” a que nos referimos ou falamos. Entre as entidades físicas abordadas pelos alunos identificamos: os fótons, o quantum de luz, os elétrons, o éter, os átomos, os raios X, as ondas de matéria, as ondas de probabilidades, a energia, a luz, a radiação, constante de Planck, quanta de energia e de eletricidade entre outras. Na atividade com o texto TD01, as entidades físicas mais frequentes, enquanto tema das respostas dos alunos, foram “quanta de eletricidade” e “quanta de energia”. A “luz”, como tema das respostas dos alunos, é a mais freqüente na atividade realizada com os textos TD04 e TD05. A seguir apresentamos dois exemplos de como os alunos escrevem sobre as entidades físicas.

1) Luz:

(AL18, TD04/TD05, (S)) *“A luz é feita de partículas discretas, os fótons.”*

2) Quanta de energia e de eletricidade:

(AL05, Q3, TD01) *Pergunta: “Qual a diferença essencial entre os quanta de energia e os quanta de eletricidade?” Resposta: “Os quanta de luz diferem para todo o comprimento de onda, enquanto os quanta de eletricidade são sempre os mesmos.”*

No indicador “Fenômenos físicos” incluímos as respostas escritas dos alunos que citam, definem ou solicitam uma explicação sobre determinado fenômeno físico. Entre os fenômenos físicos, o efeito fotoelétrico é o que mais comparece nas respostas escritas dos alunos na atividade com o texto TD01. Nessas respostas, os alunos buscam sua definição. Outro fenômeno muito freqüente nas respostas

escritas dos alunos é o da interferência da luz, citado e/ou descrito, na atividade com os textos TD04 e TD05. Outros fenômenos físicos abordados pelos alunos nas duas atividades são: difração, refração e dispersão da luz, tunelamento de partículas, fissão nuclear, interferência de elétrons e reflexão de raios X.

Exemplos:

1) Efeito fotoelétrico:

(AL02, Q1/R1, TD01) Pergunta: “O que é “efeito fotoelétrico”?” Resposta: “A extração de elétrons pela luz, incidindo sobre uma superfície de metal.”

2) Interferência da luz:

(AL11, TD04/TD05, (C)) “experimento com várias chapas fotográficas encobertas. Quando passa através de um par de ranhuras, a luz produz padrão de cancelamentos semelhantes, isto é, as ondas interferem umas com as outras.”

“Limitações e abrangência das teorias” constitui o terceiro indicador da categoria TEMA. As respostas escritas dos alunos aqui incluídas dizem respeito ao que uma ou outra teoria não consegue explicar, o que uma teoria prevê para determinado fenômeno e o que se observa experimentalmente. O aluno procura explicitar, confrontar ou indagar sobre as limitações e abrangência das teorias científicas abordadas nos textos de DC. Respostas desse tipo foram mais frequentes na atividade com o texto TD01, onde as limitações das teorias ondulatória e quântica foram abordadas, especificamente no que diz respeito ao fenômeno do efeito fotoelétrico e difração da luz.

Exemplo:

(AL12, Q2/R2, TD01) Pergunta: “A Teoria quântica da luz se restringe em explicar, satisfatoriamente, o fenômeno fotoelétrico. Quais os fenômenos que deixa a desejar em seus esclarecimentos?” Resposta: “A Teoria quântica não deixa claro o fenômeno da difração e interação da luz, pensando que fótons, sendo pequenas porções de energia, pudessem desenvolver uma propagação independente dos demais”.

O quarto indicador da categoria TEMA é “Interação Radiação Matéria”. Neste indicador incluímos as respostas escritas dos alunos que descrevem a interação entre radiação e matéria nos experimentos físicos abordados nos textos de DC. Há de se ressaltar que a expressão “radiação” e “luz” são utilizadas pelos alunos como sinônimas, daí incluímos as respostas escritas dos alunos que expressam a interação da “radiação” e da “luz” com a matéria no mesmo indicador. No nosso entendimento, a expressão “radiação”, vinculada à Teoria Quântica, é mais ampla e engloba todo o espectro eletromagnético enquanto a expressão “luz” refere-se à faixa do espectro visível e está vinculada à Física Clássica. Esse indicador é mais freqüente na atividade com o texto TD01, visto que boa parte das respostas escritas dos alunos aborda o fenômeno do efeito fotoelétrico.

Exemplo:

(AL03, Q1/R1, TD01) Pergunta: “O que ocorre quando aumentamos a intensidade da luz incidida sobre uma placa de metal?” O que o modelo ondulatório previa?” Resposta: “Quando se aumenta a intensidade da luz são emitidos mais elétrons, porém todos com a mesma energia e velocidade dos elétrons emitidos com menor intensidade da luz. O modelo ondulatório previa que os elétrons emitidos tivessem maior energia e portanto maior velocidade.”

O quinto indicador da categoria TEMA é “Natureza da Radiação e Matéria” e inclui as respostas dos alunos de caráter epistemológico no sentido apontado por Japiassú & Marcondes (2001:84): questionam o conhecimento científico tendo em vista determinar seu alcance e seu valor objetivo. Essas respostas são mais freqüentes na atividade com os textos TD04 e TD05.

Exemplo:

(AL22, P1, TD01) Pergunta: “Como posso definir a luz tendo em vista as duas teorias propostas?”

“Junção de teorias” constitui o sexto indicador da categoria TEMA. Procuramos incluir neste indicador as respostas escritas dos alunos que expressavam a expectativa de existência de uma só teoria ou a possibilidade de conciliar as teorias existentes para dar conta de explicar a natureza da radiação e da matéria – a busca por uma teoria unificadora. Esse tipo de resposta escrita é mais freqüente na atividade com o texto TD01. O texto TD01, ao confrontar duas teorias que tentam explicar determinado fenômeno físico, possibilitou ao aluno explicitar suas expectativas sobre a ciência: a busca por uma teoria completa, ideal, única.

Exemplo:

(AL07, P1, TD01) Pergunta: “Existe um único modelo capaz de descrever concretamente o movimento elétrico?”

O sétimo indicador da categoria TEMA é “Propriedades físicas dos materiais”. As respostas escritas aqui incluídas dizem respeito às propriedades físicas que certos

materiais devem apresentar para que certos fenômenos físicos sejam observados.

Esse indicador é mais freqüente na atividade com o texto TD01.

Exemplos:

A) (AL10, P2, TD01) Pergunta: “Qual propriedade influirá de forma principal a função trabalho de vários metais diferentes? Ao se obter uma nova liga metálica haverá nova função trabalho ou será igual ao principal material de origem?”

B) (AL02, (C), TD04/TD05): “Os metais, e outras substâncias podem conduzir eletricidade.”

O oitavo indicador da categoria TEMA é “Terminologia das teorias científicas”. Incluímos neste indicador as respostas escritas dos alunos que solicitam a comparação entre as terminologias utilizadas pelas teorias científicas tratadas nos textos de DC. O fato do texto TD01 tratar explicitamente este tema justifica a freqüência, ainda que pequena, nas respostas escritas dos alunos. Na atividade com os textos TD04 e TD05 esse indicador não comparece nas respostas escritas dos alunos.

Exemplo:

(AL02, Q3/R3, TD01) Pergunta: “Qual a diferença entre a terminologia da Teoria Ondulatória e a terminologia da Teoria Quântica?” Resposta: “A terminologia da teoria ondulatória diz que a luz homogênea tem um comprimento de onda definido e que o comprimento de onda da extremidade vermelha é igual ao dobro do da extremidade violeta. Já a teoria Quântica, não fala nada sobre ondas, fala que a luz homogênea contém fótons

de energia definida e que a energia do fóton para a extremidade vermelha do espectro é igual à metade da energia da extremidade violeta.”

O último indicador da categoria TEMA é “Aplicações” e inclui as respostas escritas dos alunos que se referem às aplicações das descobertas científicas e fenômenos físicos na vida das pessoas. Essas respostas envolvem a vinculação entre ciência e tecnologia e são de caráter mais pragmático. A frequência desse indicador foi muito baixa, presente apenas na 2ª parte da atividade com o texto TD01.

Exemplo:

(AL13, P2, TD01) Pergunta: “Quais são as aplicações do efeito fotoelétrico na vida?”

2.2.2.2.2 - A categoria OBJETIVO e seus indicadores

A categoria “Objetivo” refere-se ao “*para que o aluno escreve*”, isto é, o que o aluno deseja obter ou explicitar quando elabora a sua pergunta e/ou resposta. A leitura das respostas escritas dos alunos permitiram identificar nove indicadores. Conseguimos identificá-los a partir de algumas “pistas” ou marcas gramaticais e sintáticas encontradas nas respostas escritas dos alunos, destacadas em negrito nos exemplos. Há de se ressaltar que muitas vezes o “*para que o aluno escreve*” na pergunta formulada não corresponde ao “*para que ele escreve*” na resposta à pergunta. O exemplo a seguir ilustra uma situação onde a pergunta elaborada pelo aluno possui mais de um objetivo, por exemplo, citação e explicação, e na resposta, o aluno expressa uma previsão através de uma descrição.

(AL22, Q1/R1, TD01) *Pergunta: “Apartir de **qual** experiência o modelo ondulatório foi colocado em “juízo” e por que?”. Resposta; “Quando se aumenta a intensidade da luz o que se espera é um aumento da velocidade dos elétrons emitidos por um metal, por exemplo, mas não foi o que se viu experimentalmente.”*

Assim, a frequência dos indicadores da categoria “Objetivo” ultrapassa o número de respostas escritas dos alunos pelo motivo acima mencionado⁶⁰.

A seguir abordaremos e exemplificaremos cada um dos nove indicadores que constituem a categoria “Objetivo”.

1) Citação: Na atividade com o texto TD01, as respostas escritas dos alunos cujo objetivo é a citação foram identificadas através de expressões gramaticais do tipo “quais são”, “qual a”, “cite”. Estas expressões são freqüentes nas respostas dos alunos, principalmente aquelas que se referem à atividade com o texto TD01. Aqui elas têm a função de enumerar fenômenos, entidades, teorias. Na atividade com os textos TD04 e TD05, principalmente no que diz respeito ao preenchimento do quadro com os argumentos dos dois personagens dos textos, Summerlee e Challenger, os alunos se expressam na maioria das vezes através de tópicos⁶¹. Em alguns desses tópicos, as entidades e fenômenos físicos são apenas citados,

⁶⁰ VER: Anexos 16 e 17 que apresentam as Tabelas F e G, respectivamente.

⁶¹ Segundo Tardelli & Azevedo (1997:31) este tipo de escrita é muito comum em sala de aula e é utilizado principalmente na elaboração de esquemas, resumo de conteúdos, preenchimento de colunas etc.

em outros, o aluno apresenta um argumento teórico defendido por um dos personagens sem tecer considerações sobre ele, apenas cita-o. Neste último caso, a citação assume o sentido proposto por Paulino (1995: 28): como “a retomada explícita de um fragmento do texto no corpo de outro texto...” Normalmente as citações são explicitadas com o uso de aspas, muito comum no meio acadêmico. Entretanto, alguns autores se apropriam das palavras de outros autores sem marcá-las. “Aliás, na literatura contemporânea, esse modo novo de citar sem o uso de marcações explícitas é prática que já vem se tornando comum. A percepção da cultura como mosaico permite a criação de textos de natureza citacional”. Mais adiante, Paulino diz: “Bakhtin considera a citação como o modo mais evidente de representação do discurso de outrem, embora esta se faça continuamente também fora do espaço da citação”.

Exemplos:

A) Citar fenômenos físicos:

(AL12, Q2/R2, TD01) *Pergunta: “A teoria quântica da luz se restringe em explicar, satisfatoriamente, o fenômeno fotoelétrico. Quais os fenômenos que deixa a desejar em seus esclarecimentos?” Resposta: “A teoria quântica não deixa claro o fenômeno de difração e interação da luz, pensando que, fótons, sendo pequenas porções de energia, pudessem desenvolver uma propagação independente dos demais.”*

B) Citar entidade física

(AL28, (S), TD04/TD05) *“Ondas probabilísticas.”*

2) Comparação: para incluir as respostas escritas dos alunos neste indicador procuramos identificar aquelas que expressam relações de dependência ou estabelecem um confronto entre entidades físicas e entre partes de processos. A partir da leitura das respostas escritas dos alunos constatamos que esse indicador é mais freqüente na atividade com o texto TD01. A seguir fornecemos dois exemplos:

A) Confrontando processos ou parte deles:

(AL12, (C), TD04/TD05) “Ondas são um tanto diferentes dos objetos materiais nos modos como podem se somar umas às outras.”

B) Estabelecendo relação de dependência entre entidades físicas:

(AL05, Q3/R3, TD01) Pergunta: “Qual a diferença essencial entre os quanta de energia e os quanta de eletricidade?” Resposta: “Os quanta de luz diferem para todo o comprimento de onda, enquanto os quanta de eletricidade são sempre os mesmos.”

3) Definição: “Definir é enunciar características próprias e essenciais de um objeto ou idéia” (LEIBRUDER, 2000: 241). Complementando o que foi dito, as definições podem se apresentar na forma conotativa e na forma denotativa. A primeira, define os objetos ou idéias através de termos empregados em seu sentido figurado. A segunda, define o objeto ou idéias designando às palavras o seu sentido usual. Além disso, geralmente o verbo utilizado para fazer a ligação entre o objeto ou idéia que se quer definir é o verbo “ser”. Constatamos que o verbo “ser” comparece nas definições das entidades e fenômenos físicos escritas pelos

alunos. A frequência do indicador “Definição” nas atividades selecionadas da sequência de ensino se equiparam.

Exemplos:

A) Definição denotativa:

(AL15, Q4/R4, TD01) Pergunta: “O que é quantum de luz?” Resposta: “É a mínima quantidade de energia que pode ser transportada por uma onda eletromagnética de uma determinada frequência.”

B) Definição conotativa:

(AL03, (S), TD04/TD05) “A luz é um jato de corpúsculos minúsculos lançados com grande velocidade, viajando em linha reta”.

4) Descrição: Para Mortimer e Scott (2002), a descrição “envolve enunciados que dizem respeito a um sistema, objeto ou fenômeno em termos de seus constituintes ou dos deslocamentos espaço temporais desses constituintes.” Existem as descrições realizadas com funções de qualificar e nomear entidades ou fenômenos físicos através da apresentação de seus atributos, independentemente do tempo (ordem do expor) e aquelas que são apresentadas em uma sequência temporal (ordem do narrar). Segundo Braga(2003), as descrições que se manifestam na ordem do narrar não se restringem apenas a objetos (no nosso caso, entidades físicas) e sistemas, mas inclui também, processos. Embora não possa ser considerada uma regra, a descrição que se manifesta na ordem do narrar se aproxima da descrição do tipo empírica e, a que se manifesta na ordem

do expor se aproxima da descrição do tipo teórica. Segundo Mortimer e Scott (2002), na descrição do tipo empírica – mais próxima do discurso interativo (leitor/autor) - os referentes estão visualmente presentes no sistema descrito ou fazem parte do repertório cotidiano do interlocutor. Por sua vez, na descrição do tipo teórica – mais próxima do discurso científico - os referentes são criados discursivamente, por meio de relações intralingüísticas que caracterizam os sistemas simbólicos. Ampliando um pouco mais essa abordagem, procuramos identificar o indicador “Descrição” nas respostas escritas dos alunos através de marcas gramaticais ou expressões do tipo: “Como ocorre...”, “Como se explica ...” e outras. Nas atividades selecionadas a frequência do indicador “Descrição” se equipara e, embora nossa pesquisa não tem a pretensão de analisar em profundidade os tipos de descrições presentes nas respostas escritas dos alunos, identificamos algumas as quais serão exemplificadas.

Exemplos:

A) Descrição de entidade física (localização no espaço/tempo e do tipo empírica – ordem do narrar):

(AL05, (C), TD04/TD05) “A luz toma forma de uma onda espalhando-se através do espaço a partir de sua fonte como uma ondulação na água de um tanque.”

B) Descrição de fenômeno físico (nomeação e do tipo empírica – ordem do narrar):

(AL03, (C), TD04/TD05) “Duas ou mais ondas poderiam passar umas ao lado das outras ou umas pelas outras de tal maneira que a superfície do oceano ficaria quase inalterada em

um ponto, enquanto em outro as cristas ou concavidades produziriam perturbações (interferência da luz)."

5) Explicação: A explicação é típica de uma seqüência de implicações e se desenvolve a partir de um encadeamento de condições, de causas e efeitos. Desse modo procuramos enquadrar neste indicador as respostas escritas dos alunos que, "explicitamente estabelecem relações entre entidades e conceitos, importando algum modelo ou mecanismo para dar conta de um fenômeno específico" (Mortimer, 2002). Além de relações entre entidades e conceitos, consideramos necessário procurar por conjunções coordenativas explicativas: pois (antes do verbo), porque, que. Este procedimento se justifica porque a resposta escrita do aluno nem sempre apresenta uma seqüência explicativa completa, ou seja, nos moldes apontados por Braga (2003:82). Ao levantar elementos do discurso científico nos textos de Biologia, a autora considera que uma seqüência explicativa é caracterizada por quatro fases:

1ª fase: constatação inicial (introduz o fenômeno, objeto, situação, acontecimento, ação etc). Esta fase geralmente inicia-se com uma interrogativa sobre o fenômeno, entidade, acontecimento, ação etc, ou pode iniciar com expressões do tipo "sabe-se que", "considere que" "devido a" etc.

2ª fase: problematização (fase em que se explicita o porquê ou o como e uma questão é proposta). Esta fase pode iniciar-se com relações entre conceitos e entidades, as quais podem apontar confrontos ou semelhanças entre eles. Conjunções coordenativas do tipo adversativas, ou seja, que determinam relações de oposição, podem estar presentes: mas, porém, contudo, todavia, no entanto, entretanto.

3ª fase: resolução. Nesta fase são introduzidos elementos que fornecem informações capazes de responder às questões colocadas.

4ª fase: conclusão/avaliação. Nesta fase se completa ou se reformula a constatação inicial. Geralmente algumas conjunções coordenativas do tipo conclusivas (logo, portanto, por conseguinte, pois (depois do verbo)) estão presentes.

A frequência do indicador “Explicação” é bem superior na atividade realizada com o texto TD01 do que na atividade com os textos TD04 e TD05.

Tendo em vista estas considerações, a seguir apresentamos um exemplo de resposta escrita por um aluno que exprime uma explicação ou parte dela.

Exemplo:

*(AL12, Q1/R1, TD01) Pergunta: "Do ponto de vista da teoria ondulatória, não foi possível chegar a uma explicação do porquê do aumento da intensidade de uma onda luminosa homogênea, não influenciar na velocidade do efeito fotoelétrico. Explicar, a partir do ponto de vista da Teoria do quantum, o resultado não esperado". Resposta: "**Sabe-se que** aumentando-se a intensidade da radiação, haverá um enriquecimento de energia. Isso significa que, mais fótons incidirão na placa, arrancando da mesma, mais elétrons. **Portanto**, para que a velocidade pudesse ser aumentada seria necessário aumentar a energia do quantum de uma radiação (nova radiação), sendo que varia proporcionalmente com a diminuição do comp. de onda. **Assim**, haverá excesso de energia em que parte dela arrancará o e e o restante agirá como energia cinética dando velocidade".*

6) Nomeação: Neste indicador procuramos incluir as respostas escritas dos alunos que expressam o objetivo de nomear fenômenos ou entidades físicas. Este indicador está presente apenas na atividade realizada com o texto TD01.

Exemplo:

(AL06, Q2/R2, TD01) Pergunta: “Como é chamado este método, e a que princípio da energia ele está vinculado?” Resposta: “Do ponto de vista do princípio da energia, podemos dizer que a energia da luz é parcialmente transformada em energia cinética dos elétrons; é denominado efeito fotoelétrico”.

7) Posição: Neste indicador estão incluídas as respostas escritas dos alunos que expressam posicionamentos dos alunos em relação à natureza da radiação e matéria e às teorias científicas abordadas pelos textos. Procuramos abarcar neste indicador aquelas respostas que expressam opinião e/ou tomada de posição (julgamento, juízo de valor). Tal procedimento justifica-se pelo fato das respostas dos alunos expressarem, em determinados casos, esses dois tipos de situações concomitantemente.

A partir da leitura das respostas escritas dos alunos constatamos a recorrência de determinados tipos de posicionamento no que diz respeito às teorias científicas que discutem a natureza da radiação e matéria. Portanto, resolvemos classificar os posicionamentos dos alunos em:

P0: quando o aluno não se posiciona em relação a nenhuma das teorias científicas abordadas nos textos de DC. Neste caso, a resposta escrita do aluno deixa em aberto seu posicionamento e expressa uma visão geral sobre o assunto discutido.

P1: quando o aluno se posiciona ou adota uma das teorias científicas abordadas nos textos de DC para fundamentar sua resposta a respeito de determinado fenômeno físico e/ou entidade física e/ou natureza da radiação e matéria.

P2: o aluno expressa a aceitação concomitante de duas teorias científicas para explicar a natureza da radiação e matéria.

P3: o aluno expressa a expectativa de existência de uma só teoria que dê conta de explicar a natureza da radiação e matéria. Algumas respostas dos alunos, aqui incluídas, consideram a possibilidade de que a junção das teorias científicas existentes resulte em uma teoria ideal e perfeita que explique completamente os fenômenos luminosos.

Este indicador apresenta-se nas duas atividades selecionadas, embora sua frequência seja bem superior na atividade com o texto TD01, principalmente na 2ª parte da Atividade. Isto se justifica porque a 2ª parte da atividade possibilita ao aluno formular perguntas que explicitam seu posicionamento em relação às teorias abordadas pelo texto de DC ou em relação à natureza da luz. A seguir apresentamos um exemplo de cada tipo de posicionamento:

Exemplos:

Tipo P0:

(AL11, P, TD04/TD05) Pergunta: “Qual sua posição diante dessas idéias?”

Resposta: “Minha posição diante dessas idéias é meio “em cima do muro”, pois quanto a teoria da luz ser uma partícula e quanto a luz ser uma onda depende da situação em você poderá aplicar ambas. Logo nenhuma teoria consegue explicar totalmente a luz, por isso não posso tomar minha posição diante desse caso”.

Tipo P1:

(AL17, P, TD04/TD05) *Pergunta: “Qual sua posição diante dessas idéias?”*

Resposta: “Um modelo se apóia no outro para ter uma explicação mais precisa. Diante de tantas contradições e coerências, fica difícil tomar uma posição exata. Mas acho que a posição mais correta é a do modelo ondulatório, que explica melhor questões como a interferência e difração da luz”.

Tipo P2:

(AL08, Q3/R3, TD01) *Pergunta: “Afinal, a luz será uma onda ou uma chuva de*

fótons?” Resposta: “Não parece haver possibilidade de formar uma descrição consistente dos fenômenos da luz. Temos dois quadros contraditórios que, separadamente, nenhum dos dois explica os fenômenos da luz, mas juntos explicam”.

Tipo P3:

(AL24, P2, TD01) *Pergunta: “Seria viável formular uma nova teoria sobre a natureza da*

luz unindo as teorias ondulatória e corpuscular?”

8) Previsão: as respostas escritas dos alunos incluídas neste indicador dizem respeito ao que se espera observar em determinados fenômenos físicos, quando alterações são efetuadas nos experimentos realizados. Geralmente as respostas dos alunos solicitam a previsão sob o ponto de vista de uma das teorias científicas abordadas nos textos, ou as confrontam. As perguntas apresentam verbos conjugados no futuro do presente ou do pretérito e as respostas expressam, sob o ponto de vista da(s) teoria(s) focalizada(s) na pergunta, o que é observado

experimentalmente. Este indicador é freqüente apenas na 1ª parte da atividade com o texto TD01.

Exemplo:

(AL03, Q1/R1, TD01) Pergunta: “O que ocorre quando aumentamos a intensidade da luz incidindo sobre uma placa de metal? O que o modelo ondulatório previa?” Resposta: “Quando se aumenta a intensidade da luz são emitidos mais elétrons, porém todos com a mesma energia e velocidade dos elétrons emitidos com menor intensidade da luz. O modelo ondulatório previa que os elétrons emitidos tivessem maior energia e portanto maior velocidade”.

9) Quantificação: Apenas uma resposta escrita foi incluída neste indicador. Um dos objetivos da pergunta escrita pelo aluno é saber o valor de determinada constante física.

Exemplo:

(AL04, P1, TD01) Pergunta: “Qual o valor da constante de Planck? Como foi encontrado?”

2.2.2.2.3 - A categoria HORIZONTE DE COMPREENSÃO (HC) e seus indicadores

A categoria Horizonte de Compreensão (HC) possui cinco indicadores que se espelham no diagrama elaborado por Marcuschi (1996) citado por Eras (2000,

p.57). Adaptamos o diagrama proposto por Marcuschi ao contexto de nossa pesquisa para classificar as respostas escritas dos alunos tendo em vista uma noção mais adequada da compreensão e interação do aluno com os textos de DC das atividades selecionadas da seqüência de ensino. Esse diagrama encontra-se dividido em cinco tipos de horizontes de compreensão possíveis sempre relacionados ao texto original ou fonte. O texto original ou texto fonte é aquele que recebemos para leitura. Certamente podemos interagir com esse texto de várias maneiras que constituem os cinco horizontes ou perspectivas. A seguir apresentamos, com algumas adaptações, os horizontes de compreensão possíveis.

1) Cópia (ou repetição) – (C): nesta perspectiva incluímos as respostas escritas dos alunos que expressam cópia ou repetição de trechos dos textos de DC trabalhados nas atividades selecionadas da seqüência de ensino. Segundo o autor, “permanecer neste tipo de leitura é agir como se o texto só tivesse informações objetivas e a atividade do leitor se reduz a uma mera repetição do que o autor do texto escreveu. Ao interagir com o texto nesta perspectiva, o aluno elege o autor do texto como soberano e os sentidos possíveis foram por ele inscritos no interior do texto. Esta é a perspectiva dos exercícios escolares”.

2) Paráfrase – (P): as respostas escritas dos alunos incluídas nesta perspectiva são aquelas que expressam trechos dos textos de DC abordados nas atividades selecionadas da seqüência de ensino, porém o aluno seleciona entre as palavras e o léxico presentes no texto as que mais lhe interessa. “É um tipo de repetição com outras palavras. Alguns elementos novos podem ser acrescentados, mas a inferência ainda é mínima”.

3) Inferência – (I): neste horizonte de compreensão incluímos as respostas escritas dos alunos que expressam geração de sentidos seja pela reunião de informações obtidas de partes diferentes do texto, seja pela introdução de conhecimentos retomados da memória pessoal do aluno, ou ainda, pela inserção de trechos de outros textos de DC trabalhados em outras atividades na seqüência de ensino. Quanto a este último aspecto é possível aplicar o conceito de intertextualidade no sentido proposto por Bakhtin apud Paulino et al (1995, p. 21). Contudo, percebemos que as respostas dos alunos apresentam-se como um mosaico de citações, de trechos dos textos de DC que são incorporados com o objetivo de conformar o que o aluno quer dizer. Assim, consoante aos conceitos de intertextualidade apontados por Paulino e de horizonte de compreensão máximo de Marcuschi, por nós nomeado horizonte da “inferência”, acreditamos que ambos guardam semelhanças e podem ser combinados. Desse modo, as respostas escritas dos alunos classificadas como sendo de inferência explicitam o modo como o aluno dialoga com os diversos textos e como os incorporam à sua escrita.

4) Leitura errada - (LE): Nesta perspectiva incluímos as respostas escritas dos alunos que vinculam, de maneira equivocada, personagens e idéias abordadas nos textos de DC. Podem apresentar também lacunas conceituais do aluno em relação aos assuntos e idéias abordados pelos textos de DC.

5) Extrapolação – (EXT): aqui incluímos as respostas dos alunos que abordam assuntos que vão muito além das informações do próprio texto. Essas respostas expressam expectativas e interpretações de caráter bem pessoal, implicando na incorporação de elementos que acabam por prejudicar a compreensão das idéias

abordadas nos textos ou mesmo as instruções fornecidas nas atividades selecionadas da sequência de ensino.

Estes horizontes de compreensão constituem os cinco indicadores da categoria Horizonte de Compreensão (HC).

Para efeito da contagem da frequência dos indicadores nas respostas escritas dos alunos procedemos da seguinte maneira:

- na 1ª parte da atividade com o texto TD01, composta por perguntas e respostas formuladas pelos alunos, cada questão foi analisada como um todo (pergunta/resposta) e classificada com um indicador.
- na 2ª parte da atividade com o texto TD01, composta por perguntas e respostas formuladas pelos alunos, aplicamos essa categoria apenas àquelas que ou não seguiram as instruções da atividade ou apresentaram lacunas conceituais e semânticas. De um total de 83 perguntas/respostas escritas pelos alunos nessa parte da atividade, apenas quinze foram analisadas segundo os critérios dessa categoria. Das quinze identificamos 2 que parafrasearam trechos do texto fonte para responder à pergunta formulada pelo próprio aluno; 3 que acrescentaram elementos novos às idéias discutidas pelo texto; 8 que apresentaram lacunas conceituais ou leitura errada do texto e, finalmente, 2 que extrapolaram o tema abordado pelo texto.
- na atividade realizada com os textos TD04 e TD05 contabilizamos o indicador que mais predomina no preenchimento de cada coluna separadamente. Isto se justifica pelo fato das colunas terem sido preenchidas com respostas escritas no

formato de tópicos. A resposta à pergunta formulada na atividade não contabilizou nenhum indicador visto que solicitou-se um posicionamento do aluno em relação às idéias discutidas nos textos.

Indicamos, nos exemplos a seguir, o trecho do texto de DC utilizado como referência na resposta escrita do aluno.

Exemplos:

Cópia (C):

(AL05,Q3, TD01) “Qual a diferença essencial entre os quanta de energia e os quanta de eletricidade? Os quanta de luz diferem para todo o comprimento de onda, enquanto os quanta de eletricidade são sempre os mesmos”. Texto TD01 (L.120,124).

Paráfrase (P):

(AL15, (C), TD04/TD05) “As partículas nunca podem realmente transportar informação mais rápido que a luz. Elas são guiadas pelas ondas”. Texto TD05, (L.593,599)

Inferências (I):

*(AL10,Q3, TD01) “Ao se incidir sobre uma placa metálica **luz monocromática** nota-se a liberação de elétrons pela mesma, se aumentarmos a potência dessa mesma luz haverá **liberação de elétrons de níveis mais inferiores?**” (As expressões destacadas em negrito referem-se às inferências realizadas pelo aluno sobre as idéias discutidas no texto).*

Leitura Errada (LE):

(AL02,P1, TD01) *“Por que quando aumentamos a intensidade da luz não aumenta, também, a energia carregada por cada elétron?”* (A resposta a esta pergunta está no texto TD01 (L.95,107). A instrução dada na atividade não foi seguida pelo aluno).

Extrapolação (EXT):

(AL26, (S), TD04/TD05) *“A energia da luz emite elétrons, supondo em uma superfície lisa e que se dobrar a intensidade da energia, dobra o nº de elétrons, mas não a velocidade, pois as partículas se movem a velocidade da luz, que é constante em um meio definido.”* (O aluno acrescenta elementos que extrapolam os assuntos abordados pelo texto TD04 (L.340,349) e comprometem o entendimento de sua escrita).

2.2.2.2.4 - A categoria LEITOR e seus indicadores

A categoria “Leitor” indica *“para quem o aluno escreve”*. A maneira como o aluno formula e elabora sua pergunta ou resposta explicita a qual leitor ele se dirige. Dividimos essa categoria em dois indicadores: Professor e Especialistas. As respostas escritas dos alunos incluídas no indicador “Professor” são aquelas que apresentam lacunas de sentido. Por exemplo, o aluno escreve sem explicitar qual teoria ou fenômeno físico ele se refere. Apenas o professor, ciente da atividade que os alunos realizam, é capaz de resignificar o que ali está escrito. As respostas escritas dos alunos incluídas no indicador Especialistas são aquelas que permitem o entendimento por outras pessoas, desde que conhecedoras do assunto. São perguntas cuja formulação é clara, contextualizam a teoria ou fenômeno físico abordado. A seguir apresentamos um exemplo para cada indicador:

A) Resposta incluída no indicador “Professor”:

(AL20, P, TD04/TD05) “Diante de tudo que pude ver, acho que uma teoria completa a outra, não tenho uma opinião formada ainda pois ainda há experimentos que não podem ser explicados pelas duas teorias simultaneamente”. (O aluno não deixa claro quais são as teorias a qual se refere e o que elas explicam ou deixam de explicar)

B) Resposta incluída no indicador “Especialistas”:

(AL18, P1, TD01) Pergunta: “Porque a teoria ondulatória da luz não explica o efeito fotoelétrico?”

A partir das categorias identificadas nas respostas dos alunos, nas duas atividades selecionadas da sequência de ensino, procedemos ao levantamento da frequência de cada indicador pertencente a cada categoria. O levantamento da frequência dos indicadores nas respostas dos alunos tem como objetivo indicar o que predomina em suas respostas no que diz respeito ao TEMA (*Sobre o que escrevem*), ao Objetivo (*Para que escrevem*), ao Horizonte de Compreensão (*Como interagem com o texto*) e ao Leitor (*Para quem escrevem*). Os dados foram tabelados e nos possibilitaram ter uma visão geral das respostas dos alunos.

No próximo capítulo discutiremos os resultados obtidos através da interpretação dos dados contidos nas tabelas e em que medida se dá a entrada dos elementos

gramaticais e textuais identificados nos textos de DC, nas respostas escritas dos alunos.

CAPÍTULO 3 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 - INTRODUÇÃO

A discussão de nossos resultados será abordada qualitativamente, priorizando a evolução das escritas dos alunos nas duas atividades selecionadas da seqüência de ensino. Utilizamos a expressão evolução no sentido de mudança, pois de fato pretendemos identificar um movimento no sentido de uma aquisição progressiva da linguagem científica. Para isso planejamos uma seqüência de ensino cujo eixo norteador é a discussão em torno da dualidade onda-partícula para a radiação e matéria. A seqüência priorizou ações alternativas ao invés de aulas unicamente expositivas e resolução de problemas. As ações desenvolvidas colocaram o aluno em contato com várias formas de linguagens constituintes dos diversos recursos utilizados: filmes didáticos, textos de DC, transparências, filme de longa duração, texto base, a fala do professor. Imersos nesse meio multifacetado, os alunos produziram respostas escritas que constituem o objeto de análise de nossa pesquisa. Fizemos um recorte nessa miríade de dados e escolhemos, por motivos já justificados anteriormente, a primeira e última atividade realizada com textos de DC. As respostas escritas dos alunos nas duas atividades selecionadas nos forneceram um rico material para análise composto de 92 perguntas e respostas formuladas pelos alunos na 1ª parte da 1ª atividade selecionada; 83 perguntas e 6 respostas formuladas na 2ª parte da 1ª atividade; 27 quadros preenchidos na 2ª

atividade selecionada da sequência de ensino e 28 respostas à pergunta formulada na mesma atividade.

A partir da leitura e releituras das respostas escritas dos alunos nas duas atividades foi possível identificar semelhanças as quais na forma de categorias e indicadores conformaram tabelas. As tabelas, inicialmente elaboradas para cada atividade foram sendo finalmente agrupadas de forma a nos apresentar um resultado mais global da escrita dos alunos. À procura de uma possível evolução da escrita dos alunos, mediadas por textos de DC, transformamos os dados contidos nessas tabelas em gráficos de linhas, os quais nos possibilitaram a visualização do resultado das atividades realizadas com os textos de DC na forma de um perfil da escrita do aluno.

A discussão dos resultados obtidos nessa pesquisa iniciará pela análise desses gráficos. A seguir, apresentaremos e discutiremos o caminho por nós percorrido no exercício de identificação, nas respostas escritas dos alunos, de traços do modelo textual e lexical de outros gêneros de discurso como o da divulgação científica, científico, didático e cotidiano. Em conjunto, as duas ações revelaram a verdadeira face da escrita dos alunos.

3.2 - NAVEGANDO ENTRE CRISTAS E VALES

Os gráficos de linhas, obtidos a partir das Tabelas F1, F2, F3 e F4⁶² apresentam no eixo horizontal os indicadores de cada categoria, colocados em ordem decrescente de frequência nas respostas escritas dos alunos na atividade com o texto TD01, e no eixo vertical a frequência dos indicadores nas respostas dos alunos nas duas atividades realizadas com os textos TD01 e TD04/TD05. Há de se ressaltar que a frequência dos indicadores em algumas categorias excede o número de perguntas/respostas analisadas, porque muitas vezes encontramos mais de um indicador em uma única pergunta/resposta. Portanto, os valores registrados no eixo vertical dos gráficos de linhas correspondem, em valor absoluto, a frequência de indicadores registrada nas respostas dos alunos. Os gráficos revelam mais claramente o movimento realizado pelos indicadores nas duas atividades e o perfil das respostas escritas pelos alunos. Adotaremos em nossa discussão de resultados o caminho que nos leva da atividade realizada com o texto TD01 à atividade com os textos TD04 e TD05, visto que procuramos indícios de progressão. Começaremos pelo gráfico de linhas da Categoria “TEMA”, apresentado a seguir:

⁶² As tabelas encontram-se no Anexo 18.

Gráfico 1: CATEGORIA “TEMA” - Sobre o que os alunos escrevem
Atividades com os textos TD01, TD04 e TD05

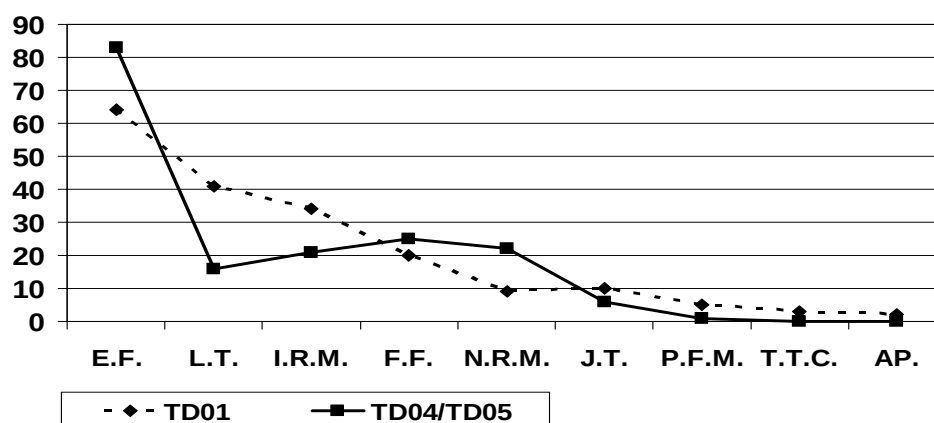


gráfico 1: categoria Tema

O gráfico 1 mostra claramente que o perfil das respostas escritas dos alunos sofre uma ligeira variação de uma atividade para outra. Embora nas duas atividades, predominam respostas escritas sobre o Tema “Entidades Físicas” (E.F.), verificamos, também, um aumento na frequência desse indicador nas respostas dos alunos, da 1ª para a 2ª atividade. Esse resultado inicial nos conduziu a buscar as causas para essa alteração. Ao cruzarmos os dados das Tabelas⁶³ 1, 2, 3 e 4 para o texto TD01 e Tabelas⁶⁴ 1, 2, 3 e 4 para os textos TD04/TD05, constatamos que os alunos, ao elegerem as EF como Tema de seus escritos, o fazem seguindo propósitos diferentes. No que diz respeito ao objetivo com que as EF guarnecem as respostas escritas dos alunos, constatamos que na atividade com o texto TD01, elas são objeto de comparação e, na 2ª atividade, as EF são objeto

⁶³ As tabelas encontram-se no Anexo 19.

⁶⁴ Idem, no Anexo 20.

de definições. Na 1ª atividade predomina a comparação entre as EF “quanta de energia” e “quanta de eletricidade”. As respostas escritas dos alunos que efetuam a comparação entre essas EF espelham o texto de DC trabalhado na atividade. Na atividade com os textos TD04/TD05, a luz, abordada como E.F., figura como a mais freqüente nas respostas dos alunos. Novamente a entrada do texto de DC nas respostas dos alunos é visível. O fato dos gráficos nos revelarem o aumento na freqüência de entidades físicas e elas passarem de objetos de comparações para objetos a serem definidos, significa um avanço no sentido de que os alunos procuram recursos para tornar possível a abordagem de fenômenos físicos dos quais tais entidades físicas fazem parte. Assim, a escrita dos alunos aponta para o cumprimento de metas mais amplas, inseridas em um processo maior, qual seja, o de abordar as entidades físicas “como objetos *sobre* os quais devemos pensar e, futuramente, como objetos *com* os quais devemos pensar”, como afirma Martins (1999:110). A conclusão dessa etapa tem como objetivo a narrativa acerca de determinado fenômeno físico. “Em outras palavras, à medida que a escolarização progride as entidades científicas passam, de objetos de reflexão e análise, a ferramentas para o pensamento, transformando-se em parte de explicações e não permanecendo como coisas a serem explicadas” (Martins,1999:111), definidas, comparadas. Isso faz sentido, visto que a freqüência de fenômenos físicos (FF) sofreu ligeiro aumento de uma para outra atividade, como nos mostra o Gráfico 1. Porém, antes de abordarmos essa questão, a do aumento na freqüência de FF nas respostas escritas dos alunos, fornecemos dois exemplos de como as EF comparecem nas respostas escritas dos alunos.

Exemplos:

(AL19, Q3/R3, TD01) Pergunta: “Qual a diferença entre os quanta de energia e os quanta de eletricidade. Explique-os”. Resposta: “Os quanta de luz diferem para todo comprimento de onda, ou seja, a energia dos quanta de luz é diferente para as diferentes cores. Já os quanta de eletricidade são sempre os mesmos, pois a carga do elétron é sempre a mesma”.

(AL19, (C), TD04/TD05) “luz como um jato de corpúsculos (partículas discretas – fótons)”.

No primeiro exemplo o aluno, ao responder, compara as duas entidades físicas (quanta de luz e quanta de eletricidade) em termos de outras entidades (comprimento de onda e carga do elétron). Na 1ª parte da resposta o aluno utiliza a parafraseagem, marcada pela presença da expressão “ou seja” com o objetivo de explicar os termos técnicos através de expressões mais próximas da linguagem cotidiana. Na 2ª parte da resposta, ao abordar a entidade física “quanta de eletricidade”, o aluno estabelece uma relação de causalidade entre esta e a carga do elétron, marcada pela presença da conjunção “pois”. A escrita do aluno revela-se mais próxima da utilizada pela linguagem científica. Desse modo, a resposta do aluno mescla dois tipos de linguagens, a científica e a cotidiana.

O segundo exemplo mostra a definição da luz em termos de seus componentes, por sua vez, também entidades físicas (os fótons). Nesse exemplo, a expressão parentética tem como objetivo clarificar a metáfora (jato de corpúsculos) utilizada pelo aluno ao definir a luz. A inserção da expressão na escrita do aluno revela um movimento no sentido de utilização de uma linguagem mais próxima da cotidiana

para uma mais próxima da científica, tendo em vista que “fótons” e “partículas discretas” são expressões utilizadas principalmente pela linguagem científica. Novamente a escrita do aluno se apresenta como uma mistura das linguagens cotidiana e científica.

Dando seqüência à nossa discussão, no que diz respeito ao aumento na frequência do indicador “Fenômenos Físicos” (F.F.) nas respostas escritas dos alunos, percebemos que, na 1ª atividade (texto TD01), o fenômeno físico “efeito fotoelétrico” é o mais freqüente. Sobre esse fenômeno predominam as respostas que têm como objetivo sua definição, seguido de respostas que têm como objetivo sua descrição. Outro fenômeno abordado nas respostas escritas dos alunos na 1ª atividade é a difração, embora os alunos ao se referirem a esse fenômeno, o fazem apenas em termos de sua descrição sob a ótica da Teoria Quântica.⁶⁵ Constatamos que as entidades físicas, abordadas nas duas atividades como objetos de comparações e definições na maioria das respostas escritas dos alunos, agora se configuram como protagonistas na definição do efeito fotoelétrico na 1ª atividade. Na 2ª atividade (textos TD04 e TD05), os fenômenos físicos são temas de descrições. Dentre os mais abordados encontramos a interferência da luz e matéria, a refração, a reflexão, a fissão nuclear e o efeito fotoelétrico (comparece como o fenômeno menos descrito). Há uma evidente inversão quanto

⁶⁵ Em relação à frequência desse fenômeno nas respostas escritas dos alunos, gostaríamos de esclarecer que o texto TD01 deixa em aberto a explicação do fenômeno da difração sob a ótica da Teoria Quântica, por se tratar de uma das dificuldades enfrentadas por esta teoria ao tentar explicá-lo. Assim, o fenômeno da difração é preferencialmente abordado nas perguntas formuladas pelos alunos na 2ª parte desta atividade. Isso de certa forma revela a capacidade dos alunos em identificar questões deixadas em suspenso pelo texto e mais, a capacidade deles em aproveitar essa “lacuna” para formular suas perguntas para a 2ª parte da atividade. Neste sentido os alunos seguem claramente as instruções fornecidas na atividade.

ao fenômeno físico mais abordado nas duas atividades, justificado pelos textos utilizados em ambas. O texto utilizado na 1ª atividade tem no efeito fotoelétrico o fenômeno físico gerador das discussões sobre as idéias da teoria quântica, enquanto os textos da segunda atividade abordam em toda sua extensão um leque maior de fenômenos físicos.

Em que pese diferenças entre as atividades propostas e textos nelas trabalhados, percebemos consonância nas escolhas realizadas pelos alunos no que diz respeito às entidades e fenômenos físicos por eles abordados. A definição da luz, entidade física mais freqüente nos temas das respostas escritas dos alunos, agora se configura como protagonista nas descrições dos fenômenos físicos. Nesse sentido, nossa análise aponta para uma progressiva construção de significados pelos alunos. A seguir apresentamos dois exemplos que ilustram o que acabamos de dizer:

Exemplos:

(AL20, Q1/R1, TD01) Pergunta: “O que vem a ser o efeito fotoelétrico? Como acontece?”

Resposta: “O efeito fotoelétrico em poucas palavras é explicado pela “retirada” de elétrons através da incidência de luz no metal. Para melhores resultados, utilizamos luz homogênea (apresenta comprimento de onda definido); que ao colidir em uma superfície de metal “retira” os elétrons dessa superfície, que se deslocam com determinada velocidade, como podemos ver, baseando-se no princípio de energia, parte dessa energia é transformada em energia cinética dos elétrons expelidos”.

(AL04, (C), TD04/TD05) “A luz é uma onda porque, assim como nas ondas da água, quando há interferência entre duas ondas, ela é capaz de formar vales (faixas escuras no espectro), cristas (faixas claras no espectro) e a anulação da onda quando um vale e uma crista se encontram.”

Nos dois exemplos percebemos que os alunos descrevem os fenômenos (efeito fotoelétrico e interferência) em termos das ações praticadas pelas entidades físicas (a luz colide e retira elétrons, a luz forma faixas claras e escuras no espectro, os elétrons se deslocam) e de relações causais entre as ações praticadas. A escrita do aluno se apresenta como uma mistura de elementos da linguagem científica e cotidiana.

A leitura do gráfico nos revela outras mudanças. Uma delas é que o indicador “Interação Radiação e Matéria” (I.R.M.) tem sua frequência diminuída na 2ª atividade e associamos essa flutuação ao ligeiro aumento verificado no indicador F.F. Na 1ª atividade o fenômeno físico do efeito fotoelétrico é focalizado em termos da interação dos fótons (radiação) com a superfície metálica (matéria). Na 2ª atividade são vários os fenômenos físicos apresentados pelos personagens para defender suas idéias a respeito da natureza da radiação e matéria. Assim, nesta atividade há um leque maior de fenômenos físicos apresentados aos alunos.

Na 1ª atividade, as respostas escritas dos alunos cujo tema é a Interação entre Radiação e Matéria (IRM), o efeito fotoelétrico é o mais abordado em termos não mais de sua definição ou descrição enquanto fenômeno físico, mas sim em termos

de como acontece a interação entre a radiação (luz, fótons, quantum de luz) e a matéria (superfície metálica). As perguntas dos alunos solicitam a previsão e a explicação fornecidas, geralmente pela Teoria Quântica, a partir de alterações efetuadas no experimento do efeito fotoelétrico. Ao responderem, os alunos descrevem como se dá a interação entre radiação e matéria em termos do que é observado após as alterações terem sido efetuadas.

Na 2ª atividade, as respostas dos alunos se dividem igualmente entre o efeito fotoelétrico e a reflexão de raios X em certos cristais (efeito Compton), ambos abordados em termos de interações entre radiação (luz, fótons, quantum de luz) e matéria (superfície metálica, superfície dos cristais, elétrons). Apresentados na forma de tópicos, os dois fenômenos são descritos.

Se antes os fenômenos físicos eram definidos, agora eles são descritos em termos da interação entre radiação e matéria. Assim, esse movimento parece sinalizar que o aluno lança um olhar mais complexo e abstrato sobre os fenômenos físicos. Ao perpassar pela definição e descrição dos fenômenos físicos, o aluno se envereda nas interações que acontecem no nível da estrutura da matéria. Em termos da linguagem presente nas respostas dos alunos, esta se apresenta como uma mistura de linguagem científica e cotidiana. Ao relacionar processos através de conjunções adversativas (porém), conclusivas (portanto) e conformativas (assim como), o aluno tenta fornecer uma explicação, embora a escrita se apresente por vezes confusa. Os exemplos a seguir ilustram o que acabamos de dizer.

Exemplos:

(AL03, Q1/R1, TD01) Pergunta: “O que ocorre quando aumentamos a intensidade da luz incidida sobre uma placa de metal? O que o modelo ondulatório previa? Resposta: Quando se aumenta a intensidade da luz são emitidos mais elétrons, porém todos com a mesma energia e velocidade dos elétrons emitidos com menor intensidade da luz. O modelo ondulatório previa que os elétrons emitidos tivessem maior energia e portanto maior velocidade”.

(AL19, (S), TD04/TD05) “O choque de fótons individuais sobre elétrons individuais do cristal, assim como a perda de energia medida nos raios χ é exatamente o que seria de esperar quando elétrons individuais recuam por força de um golpe”.

O indicador “Limitações e abrangência das teorias” é o que mais sofreu redução nas respostas escritas dos alunos. Para entendermos porque isso aconteceu investigamos “para que” os alunos escrevem suas respostas ao se referirem a esse indicador. Constatamos o seguinte: na 1ª atividade o indicador L.T. está presente tanto na 1ª parte quanto na 2ª parte da atividade, sendo que a frequência é maior nesta. Na 1ª parte da atividade, a qual se refere às questões/respostas formuladas pelos alunos, predomina a solicitação de descrições de fenômenos que uma ou outra teoria não consegue explicar, por exemplo, o efeito fotoelétrico, a interferência e a difração. A seguir fornecemos um exemplo de como o aluno aborda o indicador L.T..

(AL12, Q2/R2, TD01) *Pergunta: “Cite um acontecimento que contraria a teoria ondulatória da luz”. Resposta: “Quando é aumentada um fonte de luz, mas não modifica o seu comprimento de onda, era esperada que a velocidade dos elétrons aumentasse, que a energia dos elétrons emitidos deveria ser maior, mas isto não acontece com a teoria ondulatória”.*

Neste exemplo, desconsiderando as falhas cometidas pelo aluno na formulação da questão, o aluno na verdade aborda a limitação da teoria ondulatória ao tentar explicar o fenômeno do efeito fotoelétrico. O aluno descreve o que se observa no experimento do efeito fotoelétrico contradizendo a previsão da teoria ondulatória. Quanto à linguagem por ele empregada, apesar da resposta (considerada no conjunto) estabelecer relações entre processos (aumento da intensidade da fonte de luz sem modificar seu comprimento de onda e verificação do aumento na energia dos elétrons emitidos pela placa metálica), ele utiliza verbos que exprimem ações (aumentar, modificar). Isso significa que sua escrita resulta uma mistura de linguagem científica e cotidiana.

Na 2ª parte da atividade, a qual se refere às perguntas formuladas pelos alunos, predomina o posicionamento do tipo P0, isto é, o aluno não se posiciona em relação a nenhuma das teorias científicas discutidas pelo texto devido a apresentar dúvidas sobre qual teoria é mais abrangente para explicar a natureza da luz e matéria.

A 1ª atividade, de maneira geral, revela que o aluno apresenta dúvidas sobre a natureza da luz, isto é, o texto trabalhado na atividade e as aulas que a antecederam ainda não foram suficientes para ele posicionar-se sobre o assunto. O exemplo seguinte reflete bem o tipo de indagação mais freqüente nesta etapa da seqüência de ensino.

Exemplo:

(AL18,P3, TD01) “Qual a teoria devemos utilizar na realidade para definir a luz?”

Na atividade realizada com os textos TD04 e TD05 verificamos uma mudança em relação à 1ª atividade. A maioria das respostas que abordam o indicador L.T. o faz no sentido de um posicionamento mais seguro em relação às teorias científicas discutidas nos textos. Constatamos que das dezesseis respostas escritas, incluídas neste indicador, doze delas solicitam posicionamento, das quais seis admitem a existência concomitante de mais de uma teoria para explicar a natureza da radiação e matéria, ou seja, demonstram aceitar a dualidade inerente à radiação e matéria. Essas respostas são por nós classificadas como Posição do tipo P2. O exemplo seguinte ilustra uma resposta incluída no indicador L.T. e que apresenta o posicionamento do tipo P2.

Exemplo:

(AL08, P, TD04/TD05) Pergunta: “Qual sua posição diante dessas idéias?”

Resposta: “Nenhuma teoria explica completamente os efeitos da luz, uma sempre se apóia em outra para explicar determinado fato. Cabe a nós saber qual modelo explica melhor um certo efeito. Ambos são bem aceitos para explicar a luz”.

Desse modo, concluímos que as respostas escritas dos alunos apresentam progressiva aceitação da dualidade onda-partícula, tendo em vista que os posicionamentos escritos apresentam-se mais seguros. Essa mudança sinaliza uma nova maneira de ver o mundo sob o olhar crítico da ciência e, também, a aceitação das limitações e abrangência apresentadas pelas teorias científicas e suas concepções. Quanto a linguagem empregada, o fato do tema LT comparecer predominantemente, para não dizer exclusivamente, na resposta à pergunta formulada na 2ª atividade, possibilitou, por assim dizer, nosso contato “real” com uma das faces da escrita do aluno. Nessas respostas os alunos não retiram trechos dos textos para compor sua escrita. Assim, a escrita deles literalmente expõe o seu jeito de pensar, de argumentar e/ou posicionar. De modo geral, a escrita se revelou mais próxima da linguagem cotidiana, como mostrado no exemplo anterior.

Em conformidade com a queda na frequência dos indicadores I.R.M. e L.T. apresentadas na atividade com os textos TD04 e TD05, o indicador “Natureza da Radiação e Matéria” (N.R.M) apresentou aumento. Vejamos porque isso ocorre:

Na 1ª atividade as respostas escritas dos alunos que dizem respeito a esse indicador são elaboradas, em sua maioria, com o objetivo de explicitar um posicionamento em relação à N.R.M.. Das nove respostas escritas dos alunos, sete têm como objetivo o posicionamento em relação à natureza da luz, sendo que em seis dessas respostas os alunos não se posicionam e apresentam dúvidas em relação ao tema. Geralmente os alunos que elegeram como tema esse

indicador levantam questões de caráter epistemológico a respeito da natureza da radiação e matéria.

Exemplo:

(AL22, P1, TD01) “Como posso definir a luz tendo em vista as duas teorias propostas?”

Na segunda atividade o cenário é outro. A natureza da radiação e matéria é contemplada a partir do objetivo “Descrição”. Das 22 respostas escritas sobre o tema, nove delas descrevem a radiação (luz) e a matéria (universo) sob um ponto de vista mais geral, isto é, a radiação e a matéria não são descritas em termos de fenômenos físicos e entidades e sim, na sua essência enquanto onda ou partícula. As outras treze contemplam os objetivos “Definição”, “Explicação”, “Citação” e “Posição”. Vale ressaltar que o objetivo Posição em relação à natureza da radiação e matéria está presente em apenas três respostas à pergunta formulada na atividade. É interessante notar que, se por um lado há uma migração das respostas escritas para o objetivo “Descrição”, por outro, no objetivo “Posição” observamos a presença de respostas escritas do tipo (P0) - o aluno ainda se mostra em dúvida em relação à natureza da radiação e matéria e não se posiciona; do tipo (P1) – o aluno posiciona a favor de uma das teorias discutidas nos textos e, do tipo (P3) – a expectativa de uma só teoria se revela. O fato de ainda os alunos apresentarem posições (P0), (P1) e (P3) em relação à natureza da radiação e matéria persiste até o final da aplicação da sequência de ensino, embora com frequência cada vez mais baixa. No nosso entendimento, a predominância de respostas escritas cujo objetivo é a Descrição e a redução na frequência daquelas onde o objetivo é Posição reflete um amadurecimento em

relação à N.R.M. O exemplo abaixo mostra como um aluno aborda a natureza da luz de forma mais generalizada.

Exemplo:

(AL22, (C), TD04/TD05) “Seja qual for o seu comportamento quando interage com a matéria, a luz, em sua própria e verdadeira essência, é uma onda”.

Com relação ao tema “Junção de teorias” (J.T.) observamos que há uma pequena redução na frequência deste tema nas respostas escritas da 1ª para a 2ª atividade. Na 1ª atividade, das dez respostas escritas sobre o tema, sete têm como objetivo o posicionamento em relação às teorias discutidas no texto. Dessas sete, seis são do tipo (P3), o que significa que a maioria dos alunos alimenta expectativa de uma só teoria, “única”, “completa”, “ideal” que dê conta de explicar a natureza da luz. Apenas uma resposta escrita apresenta posicionamento do tipo (P2). Esse resultado combinado aos resultados obtidos para os temas L.T. e N.R.M. , onde a predominância das respostas escritas têm como objetivo o posicionamento do tipo (P0), deixa transparecer uma atitude pragmática frente a situações que causam dúvida ou indefinições. Considerando que se trata da 1ª atividade da sequência de ensino o resultado é pertinente: as idéias apresentadas pela teoria quântica são novas para os alunos, acostumados aos temas e idéias tratados exclusivamente pela Física Clássica. O exemplo a seguir explicita o tipo de questionamento e posicionamento do aluno em relação à natureza da radiação e matéria até então.

Exemplo:

(AL03, P1, TD01) *Pergunta: “Se uma teoria explica coisas que a outra não explica e vice versa, essas duas teorias não têm uma relação direta? Não teria como fazer uma junção delas?”*

Na 2ª atividade, embora o número de respostas escritas que abrangem o tema “Junção de teorias” mostra uma queda, os alunos ainda alimentam a expectativa de uma só teoria, ou seja, suas respostas têm como objetivo o posicionamento do tipo (P3). De um total de seis respostas escritas, todas correspondentes à resposta da pergunta formulada na atividade, quatro são do tipo (P3) e duas do tipo (P2). O que dizer desse resultado ao compararmos aos resultados L.T. e N.R.M. como o fizemos para a atividade com o texto TD01? Sobre o tema L.T. predominou o posicionamento do tipo (P2); quanto ao tema N.R.M. predominou o objetivo “Descrição” e o objetivo “Posição” praticamente não compareceu nas respostas escritas dos alunos. Agora, em relação ao tema J.T., ressurge o objetivo Posição do tipo (P3), embora com frequência inferior à da 1ª atividade. Combinando as variações ocorridas nos três temas chegamos a alguns resultados:

- é fato que o número de alunos que expressam expectativa de teoria única na categoria J.T. diminuiu da 1ª atividade para a 2ª, embora esse número corresponda ainda a dois terços das respostas na 2ª atividade;
- também é fato que, concomitante a isso, o posicionamento do tipo (P2) aumentou na categoria L.T. e,

- há de se considerar que houve mudança de enfoque na categoria N.R.M., isto é, de posicionamento do tipo (P0) (registrado para a 1ª atividade) passou à descrição da radiação e matéria (na 2ª atividade).

Tendo em vista esses fatores, consideramos que, no geral, os alunos apresentam uma progressiva aceitação da dualidade onda-partícula para a radiação e matéria e, admitem a existência concomitante de mais de uma teoria científica para explicar os fenômenos apresentados pela radiação e matéria.

Exemplo:

(AL26, P, TD04/TD05) *Pergunta: “Qual sua posição diante dessas idéias?”*

*Resposta: “O fenômeno da natureza da luz é um assunto muito complexo, não deixando afirmações claras e certas a respeito da constituição da matéria, por tal motivo estes estudos ainda geram questionamentos, dúvidas por parte dos cientistas, o que levam os observadores a impossibilidade de se concluir algo relacionado ao fenômeno, isso se deve **porque há provas e fundamentos que justificam que a luz tanto pode ser uma onda, como uma partícula**”.*

Os Temas “Propriedades físicas dos materiais”, “Terminologia das teorias científicas” e “Aplicações” são pouco freqüentes nas respostas escritas dos alunos, inclusive os dois últimos não comparecem nas respostas da 2ª atividade. O primeiro deles, P.F.M., foi abordado em cinco respostas da 1ª atividade, sendo que quatro têm como objetivo o posicionamento em relação à existência de determinados materiais e de propriedades que tornam possível a observação e a ocorrência do fenômeno efeito fotoelétrico. Sobre esse tema há de se ressaltar a

intertextualidade nas respostas do aluno AL10. Este aluno acrescenta às suas respostas elementos que não estão presentes no texto de DC trabalhado na atividade. Tudo leva a crer que ele retoma de sua memória pessoal idéias discutidas em sala de aula. Para justificar tal hipótese apresentamos a seguir três respostas escritas por esse aluno e um trecho da 4ª aula da sequência de ensino, na qual o assunto foi abordado (aula do dia 23/01/2003), retirado do quadro de narrativa. Para contextualizar a situação da sala de aula, no dia o tema da aula foi “Efeito fotoelétrico e sua equação”. O trecho da aula coloca em primeiro plano a fala do professor que dá continuidade à discussão sobre o fenômeno e, junto com seus alunos, “monta” a equação do efeito fotoelétrico discutindo cada um de seus termos. Nas respostas do aluno e no trecho da aula, destacamos, em negrito, as marcas intertextuais.

Exemplos:

(AL10, P2, TD01) “Qual propriedade influirá de forma principal a **função trabalho** de vários metais diferentes? Ao se obter uma **nova liga metálica** haverá **nova função trabalho** ou será igual ao principal material de origem?”

(AL10, P3, TD01) “Há na natureza metais ou **ligas metálicas** que consigam reter seus elétrons mesmo com **radiações de altíssima frequência** como os **raios gama**, não possibilitando o efeito fotoelétrico?”

(AL10, Q1/R1, TD01) Pergunta: “**Qualquer fonte de radiação** consegue arrancar elétrons de uma superfície metálica?” Resposta: “Não, só haverá efeito fotoelétrico desde que **a energia do fóton proveniente da luz seja igual ou maior do que a função trabalho do metal**”.

Aula do dia 23/01/2003. O trecho da aula foi extraído do intervalo compreendido entre (00:30h-00:40h) de uma aula de 50 minutos:

QUADRO 2: QUADRO DE NARRATIVA - AULA DO DIA 23/01/2003 - SALA 205 - 15:50h às 16:40h

TEMA: Efeito

TEMPO	NARRATIVA
00:30h	[...] E para arrancar esse elétron é necessária uma energia bem definida chamada “função trabalho”. Pausa breve. [...] Para seguir uma norma, um padrão na resolução dos exercícios, a função trabalho será representada pela letra “A”. Define a função trabalho (A): A função trabalho é aquela energia mínima que o elétron tem que ganhar para ser arrancado do átomo. [...] O professor pergunta aos alunos se são capazes de fornecer o valor da frequência da radiação incidente sobre o metal cuja função trabalho é “A” para arrancar um elétron do átomo desse metal. [...] Ele diz: o fóton é absorvido pelo átomo, ou seja, o elétron absorve a energia daquele fóton e se ele (elétron) absorver energia suficiente ele será arrancado do material, do átomo. [...] Se o fóton possuir certa frequência que multiplicada pela constante de Planck for igual à função trabalho daquele “elétron”, vocês concordam que a radiação com essa frequência arrancará o elétron? [...] Se então eu quero saber a frequência mínima da radiação para arrancar o elétron do átomo, o que eu preciso saber? Eu preciso saber o valor da função trabalho, ou seja, o valor da energia para arrancar o elétron (no quadro está escrito $E = hf_{\min}$). Eu divido isso pela constante de Planck, tomando cuidado com as unidades e aí eu acho o valor da $f_{\min}$ (faz as operações no quadro, demarcando o resultado : $f_{\min} = E/h$). Essa idéia é que precisa ficar clara, conclui[...]. Um aluno pergunta: E essa energia varia de acordo com o quê? O professor responde: Ela varia com a rede cristalina do material, com a composição química do material, talvez elétrons muito afastados do núcleo do átomo têm uma função trabalho pequena ou, uma rede cristalina bem estruturada, com energias de ligação altas, terá uma função trabalho alta. Aí a química entra para dar esse pano de fundo. A função trabalho será dada em função da composição química do material e de como os elétrons estão ali distribuídos na região. Então cada metal tem uma função trabalho. [...].

Comparando o trecho da aula com as respostas escritas pelo aluno percebe-se claramente a intertextualidade realizada pelo mesmo. Das seis questões formuladas pelo aluno, essas três visivelmente revelam o grau de importância que essas discussões em sala de aula representaram para o aluno em questão. Esse episódio, singular em nossa análise de dados, apresenta um elevado índice de geração de sentidos e significados.

Na 2ª atividade o tema PFM é abordado na forma de um tópico do seguinte modo:

(AL02, (C), TD04/TD05) *“Os metais e outras substâncias podem conduzir eletricidade”.*

Enquanto na 1ª atividade o tipo de abordagem em relação ao tema PFM revela intenções mais questionadoras e profundas, na 2ª atividade o tema configura-se apenas como um tópico a mais no preenchimento da coluna de argumentos do personagem Challenger.

Desse modo, as duas atividades, em maior ou menor profundidade, apresentam respostas escritas que focalizam as propriedades dos metais: na 1ª, as condições para que ocorra o efeito fotoelétrico e na 2ª, a condução elétrica. A presença desse tipo de tema nas respostas dos alunos, embora em número reduzido, refletem o envolvimento deles com temas típicos de áreas técnicas nas quais se encontram inseridos.

O indicador “Terminologia das teorias científicas” está presente apenas nas respostas escritas da 1ª atividade e é abordado por apenas três alunos. No nosso entendimento, a abordagem desse tema reflete uma preocupação com a nomenclatura utilizada pelas diferentes teorias discutidas no texto, ou seja, a intenção dos alunos é a familiarização com os termos usados pela ciência. Os alunos ao escreverem sobre esse tema têm como objetivo a comparação entre as diferentes maneiras das teorias científicas se referirem às entidades físicas que as compõem. No entanto, as respostas dos alunos não apenas comparam as terminologias empregadas pelas teorias como também as descrevem.

Exemplos:

(AL02, Q3/R3, TD01) Pergunta: “Qual a diferença entre a terminologia da Teoria Ondulatória e a terminologia da Teoria Quântica?” Resposta: “A terminologia da teoria ondulatória diz que a luz homogênea tem um comprimento de onda definido e que o comprimento de onda da extremidade vermelha é igual ao dobro do da extremidade violeta. Já a teoria Quântica, não fala nada sobre ondas, fala que a luz homogênea contém fótons de energia definida e que a energia do fóton para a extremidade vermelha do espectro é igual à metade da energia da extremidade violeta”.

(AL09, Q3/R3, TD01) Pergunta: “Qual foi a mudança feita entre a teoria corpuscular de Newton e a teoria quântica da luz?” Resposta: “A luz homogênea deixa de ser composta por grãos de energia e passa a ser composta por quanta de luz, os fótons, que são pequenas porções de energia caminhando pelo espaço vazio com a velocidade da luz”.

O último indicador da categoria Tema, “Aplicações” (AP), está presente em apenas duas respostas escritas da 1ª atividade: referem-se ao fenômeno efeito fotoelétrico e têm como objetivo a citação das aplicações desse fenômeno em nossas vidas. Elas revelam um caráter bem pragmático. Respostas desse tipo foram pouco frequentes nas atividades da sequência como um todo, embora esperássemos uma frequência mais acentuada, principalmente nessa atividade, visto que a 2ª parte da atividade possibilitou ao aluno liberdade de formular perguntas relacionadas ao assunto tratado no texto. Por fim, o fato de os alunos estarem matriculados em um curso técnico alimentou-nos a expectativa de que explorassem mais o tema “Aplicações” em seus escritos.

Prosseguindo a discussão de nossos resultados apresentamos o gráfico de linhas da categoria OBJETIVO:

Gráfico 2 - CATEGORIA “OBJETIVO” - Para que os alunos escrevem Atividades com os textos TD01, TD04 e TD05

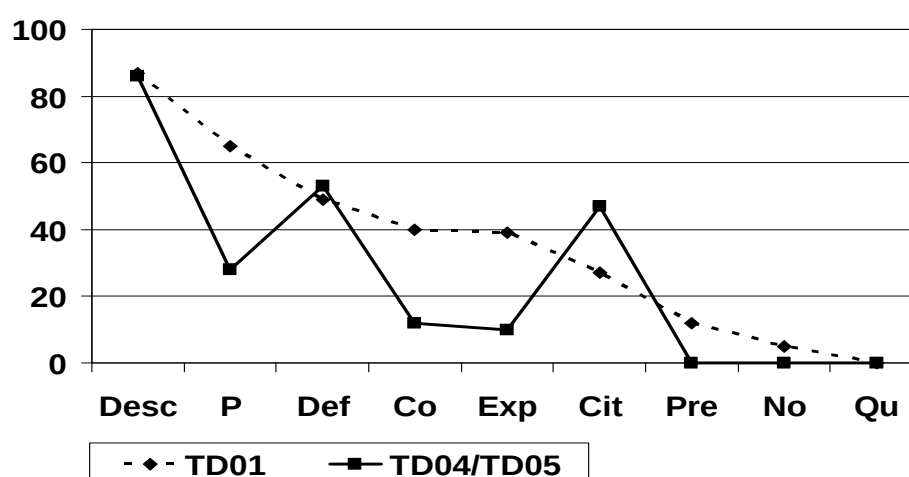


Gráfico 2: categoria Objetivo

Nas duas atividades selecionadas na seqüência de ensino o indicador “Descrição” (Desc) é o que mais predomina. Procuramos identificar “sobre o que os alunos descrevem” e “como o fazem”. Constatamos que eles descrevem principalmente as entidades físicas e a seguir, fenômenos físicos e processos. A descrição de entidades físicas, fenômenos e processos se configuram na ordem do “narrar”.

As narrativas estão presentes no gênero do discurso didático e cotidiano como apontado por Braga (2003). Assim, a linguagem utilizada pelo aluno ao descrever as entidades físicas apresenta-se como uma mistura da linguagem do cotidiano e dos livros didáticos. Esse resultado está em conformidade com o apresentado no

gráfico para a categoria TEMA, no qual as entidades físicas predominam sobre os demais temas presentes nas respostas escritas dos alunos.

As “Definições” (Def) apresentaram um pequeno acréscimo na frequência com que aparecem nas respostas da 1ª e 2ª atividades. Dois são os motivos para esse resultado. O primeiro refere-se ao fato das respostas escritas dos alunos por vezes apresentarem mais de um objetivo. Disso resulta que muitas das entidades físicas abordadas nas respostas escritas da 2ª atividade são definidas e descritas simultaneamente. O segundo motivo refere-se às características peculiares que diferenciam as duas atividades. Na 2ª atividade os alunos escrevem suas respostas, na maioria das vezes, na forma de tópicos, desse modo verifica-se a presença de um número maior de entidades físicas definidas e descritas em suas respostas. As definições são características dos gêneros do discurso científico e didático, como afirma Braga (2003) e pertencem também ao discurso da divulgação científica (Zamboni, 1997). Desse modo, as respostas escritas dos alunos incluídas neste indicador se apresentam como uma mistura desses gêneros do discurso.

O indicador “Posição” (P) tem sua frequência consideravelmente reduzida nas respostas escritas dos alunos. Um dos motivos refere-se ao fato da 2ª atividade restringir esse tipo de manifestação. Na 1ª atividade o indicador “Posição” está presente tanto na 1ª parte quanto na 2ª parte da atividade, principalmente nesta. Na 2ª atividade ele está restrito apenas à resposta da pergunta formulada. Um outro motivo parece estar relacionado à localização desta atividade na sequência

de ensino (14^a/15^a aulas da sequência). O aluno ao realizar a 2^a atividade encontra-se mais bem informado a respeito da natureza da radiação e matéria. A inversão desse indicador, visível no gráfico, parece indicar que os alunos se mostram mais seguros quanto à natureza da radiação e matéria. A discussão anterior, relacionando as mudanças observadas nos indicadores L.T., N.R.M. e J.T., parece sustentar essa conclusão.

O indicador “Citação” (Cit) apresentou considerável aumento de frequência nas respostas dos alunos na 2^a atividade. Nesta atividade os alunos preencheram o quadro com respostas na forma de tópicos e a ocorrência de mais de um tópico com esse objetivo resultou um acréscimo de respostas incluídas neste indicador.

O indicador “Comparação” (Co) apresenta significativa redução na 2^a atividade. Um dos motivos é porque na 1^a atividade as comparações são realizadas entre entidades físicas (principalmente, quanta de energia e quanta de eletricidade) e entre as terminologias das teorias científicas. Como mencionamos anteriormente, os alunos comparam entidades físicas e terminologias das teorias em termos de seus componentes e da nomenclatura utilizada. Embora o número de respostas incluídas neste objetivo diminuiu na 2^a atividade, as comparações são realizadas entre a radiação e matéria em termos de sua natureza e comportamento, ou seja, em uma abordagem mais generalizada. Esse movimento sinaliza que o aluno vivencia um processo no sentido de maior abstração e generalização.

O indicador “Explicação” (Exp) também experimenta uma queda de frequência nas respostas escritas dos alunos. Na 1ª atividade as explicações se referem à interação radiação e matéria e focalizam o efeito fotoelétrico. O exemplo abaixo mostra uma resposta escrita do aluno:

(AL12, Q1/R1, TD01) Pergunta: “Do ponto de vista da Teoria ondulatória, não é possível chegar a uma explicação do porquê do aumento da intensidade de uma onda luminosa homogênea, não influenciar na velocidade do efeito fotoelétrico. Explicar, a partir do ponto de vista da Teoria do quantum, o resultado não esperado”. Resposta: “Sabe-se que aumentando-se a intensidade da radiação, haverá um enriquecimento de energia. Isso significa que, mais fótons incidirão na placa, arrancando da mesma mais elétrons. Portanto, para que a velocidade pudesse ser aumentada seria necessário aumentar a energia do quantum de uma radiação (nova radiação), sendo que varia proporcionalmente com a diminuição do comp. de onda. Assim, haverá excesso de energia em que parte dela arrancará o e e o restante agirá como energia cinética dando velocidade”.

O exemplo mostra que o aluno possui relativa capacidade de construir uma sequência explicativa. A informação que se conhece é apresentada inicialmente; a seguir ele introduz a nova informação e, finalmente, conclui. Ao expressar-se dessa maneira ele utiliza uma linguagem mais próxima da ciência. Contudo, preserva a mesma forma das construções cotidianas, com processos expressos por frases não nominalizadas, relacionadas através de conjunções (portanto, assim) e a predominância de verbos indicando ações (arrancar, incidir, aumentar).

Desse modo a escrita do aluno resulta em uma mistura que contém características da linguagem científica e cotidiana.

A 2ª atividade, por suas características, dificultou ao aluno “explicar”. Mesmo assim alguns alunos, ao escreverem os argumentos dos personagens, apresentaram pequenos segmentos de explicações retiradas dos textos. As explicações ou partes delas referem-se a fenômenos físicos, como a interferência da luz, ilustrada no exemplo a seguir:

(AL04, (C), TD04/TD05) “A luz é uma onda porque, assim como as ondas na água, quando há interferência entre duas ondas ela é capaz de formar vales (faixas escuras no espectro), cristas (faixas claras no espectro) e a anulação da onda quando um vale e uma crista se encontram”.

Ou, entidades físicas (luz) como no exemplo abaixo:

(AL11, (C), TD04/TD05) “experimento com várias chapas fotográficas encobertas. Quando passa através de um par de ranhuras, a luz produz um padrão de cancelamentos semelhantes, isto é, as ondas interferem umas com as outras”.

Ao compararmos as respostas escritas nas duas atividades constatamos o seguinte: 1) predominam as explicações da ordem do “narrar”, portanto mais próximas dos gêneros do discurso da divulgação científica e didático; 2) a linguagem utilizada é uma mistura de características da linguagem científica e

cotidiana; 3) as explicações presentes na 1ª atividade focalizam a I.R.M. (Efeito fotoelétrico) enquanto processo, ao passo que, na 2ª atividade as explicações que predominam referem-se à Natureza da Radiação e Matéria focalizada sob o aspecto da natureza e do comportamento de ambas. Analisadas sob a perspectiva do tema abordado, esse movimento revela uma escrita cuja temática aponta para progressiva aquisição de abstração e de generalização. Sob a perspectiva da linguagem utilizada, tanto na 1ª quanto na 2ª atividades, a escrita do aluno se apresenta como uma mistura das linguagens científica e cotidiana.

O indicador “Previsão” (P), na 1ª atividade, está associado às respostas escritas dos alunos que abordam a I.R.M. cujo foco é o efeito fotoelétrico. O aluno confronta uma previsão teórica com sua verificação experimental. As perguntas formuladas com esse objetivo referem-se às alterações efetuadas no experimento do efeito fotoelétrico e solicitam a previsão sob a ótica da Teoria Quântica. O exemplo a seguir ilustra esse tipo de ocorrência:

(AL25, Q2/R2) Pergunta: “O que acontecerá se um feixe de luz homogênea de cor diferente, digamos, vermelha, em vez de violeta, cair sobre a superfície do metal?”

Resposta: “A energia dos elétrons extraídos deve ser medida e comparada com a energia dos elétrons extraídos pela luz violeta. Assim a energia dos elétrons extraídos pela luz vermelha resulta ser menor do que a energia dos elétrons extraídos pela luz violeta, ou seja, a energia dos quanta de luz é diferente para as diferentes cores”.

Na 2ª atividade o indicador previsão é ausente. Acreditamos que a ausência desse indicador nas respostas escritas dos alunos reflete como se dão os embates entre os dois personagens dos textos de DC TD04 e TD05 a respeito da natureza da radiação e matéria. Se na 1ª atividade as duas teorias, portanto duas idéias diferentes, eram confrontadas em termos do que uma ou outra previa sobre o fenômeno do efeito fotoelétrico, agora, na 2ª atividade, as duas idéias são confrontadas em termos de demonstrações experimentais que corroboram a favor de uma ou outra idéia (teoria). Logo, o indicador Previsão é presente nas respostas dos alunos na 1ª atividade porque o texto de DC TD01 expressa claramente as divergências entre as teorias e parte do “jogo” complexo que envolve a aceitação de uma teoria em detrimento da outra. Neste sentido, “prever” constitui uma marca de apropriação do fazer e do pensar científico. Há um jogo complexo na escolha, aceitação ou rejeição de idéias ou teorias científicas, envolvendo fatores diversos, entre eles, a concordância ou não com os dados experimentais. Na 2ª atividade, o confronto entre as duas teorias não é abordado dessa maneira. Como já dissemos, experimentos e demonstrações são realizados para persuadir a platéia. O “jogo” está presente, mas nas entrelinhas. Parece que os alunos apresentam um posicionamento mais consolidado e definido em relação às teorias abordadas nos textos, portanto não questionam mais sobre as previsões que uma ou outra teoria faz em relação aos fenômenos físicos. Isso parece indicar que os alunos aceitam a existência concomitante de mais de uma teoria para explicar a natureza da radiação e matéria.

A diminuição na frequência dos indicadores J.T. e L.T. e o aumento na frequência do indicador N.R.M. identificados nas respostas dos alunos na 2ª atividade sugerem este amadurecimento.

O indicador “Nomeação” (No) está presente apenas em duas respostas escritas dos alunos na 1ª atividade realizada, as quais o efeito fotoelétrico é focalizado enquanto I.R.M.. O mesmo ocorre com o indicador “Quantificação” (Qu). A presença deste se restringe a apenas uma resposta escrita na 1ª atividade, a qual solicita o valor de uma entidade física (constante de Planck). Tendo em vista as especificidades das duas atividades selecionadas, a 1ª favorece esse tipo de questionamento. A nomeação constitui um dos traços de didaticidade da DC apontado por Zamboni (1997) e a quantificação, embora não explicitada por nenhum dos autores por nós consultados, sabemos que se trata de um indicador muito freqüente nos livros didáticos. Desse modo, as respostas escritas dos alunos que têm como objetivo No e Qu se aproximam de ambos os gêneros de discursos, o da DC e o didático.

Finalmente, quanto à presença dos indicadores da categoria Objetivo nas respostas escritas dos alunos, de modo geral, nossos resultados apontam para uma escrita que mescla características dos gêneros científico, didático, da DC e do cotidiano.

O terceiro gráfico de linhas refere-se à categoria HORIZONTE DE COMPREENSÃO (HC):

Gráfico 3 - CATEGORIA “HORIZONTE DE COMPREENSÃO”
Atividades com os textos TD01, TD04 e TD05

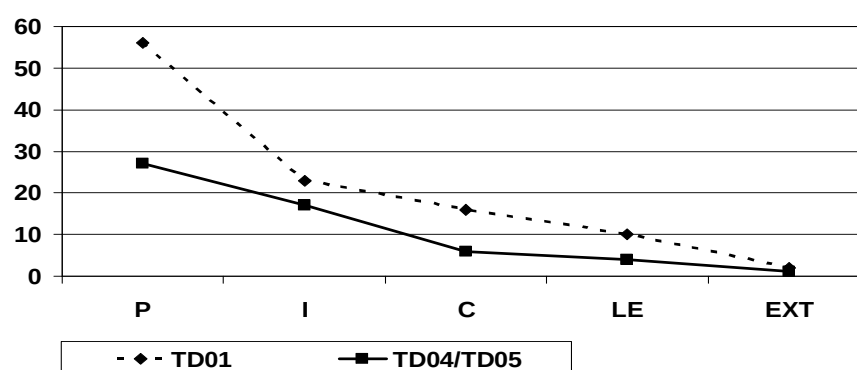


gráfico 3: categoria Horizonte de compreensão

Para esclarecer nossa discussão a respeito da categoria “HORIZONTE DE COMPREENSÃO” (HC) pretendemos tecer algumas considerações sobre os valores registrados no gráfico. Os valores aqui registrados referem-se:

- 1ª atividade (TD01): soma da frequência dos indicadores na 1ª parte da atividade (92 perguntas/respostas) e frequência dos indicadores na 2ª parte da atividade, onde consideramos apenas 15 pares de perguntas/respostas de um total de 83. O motivo porque apenas 15 perguntas/respostas foram analisadas segundo essa categoria está relacionado às interações texto/aluno expressas nessas perguntas/respostas;
- 2ª atividade: frequência dos indicadores apenas no preenchimento do quadro.

O gráfico mostra que o perfil das respostas escritas dos alunos nas duas atividades é muito semelhante. Ao comparar a 1ª e 2ª atividades percebe-se que há uma diminuição na frequência de todos indicadores da 1ª para a 2ª atividade e a diferença entre eles também se tornou menos acentuada. A “Paráfrase” (P) se mantém como o indicador de maior frequência nas duas atividades. Consoante à idéia de leitura parafrástica abordada por Marcuschi (1996), a predominância da escrita parafrástica como uma espécie de repetição com outras palavras, da fala ou escrito de outrem, revela que a leitura dos alunos ainda permanece como atividade de identificação e busca de informações objetivas nos textos trabalhados nas atividades. Nesse tipo de interação com o texto, o aluno seleciona as palavras e o léxico que mais lhe interessa para escrever sua resposta. De certa forma, ao interagir com o texto dessa maneira, o aluno ajusta as idéias apresentadas e discutidas nos textos de DC ao seu universo semântico e gramatical. Os alunos procuram as construções semânticas, gramaticais e lexicais que estão mais próximas da sua maneira de pensar sobre as entidades físicas, os fenômenos, enfim, sobre os temas tratados nos textos.

Na 2ª atividade, a distribuição da frequência dos indicadores P e I nas respostas escritas dos alunos é mais eqüitativa. Isso parece sinalizar para um tipo de leitura e interação com o texto mais especializada. As inferências realizadas através da retomada de idéias da memória pessoal e a intertextualidade com outros textos trabalhados na sequência de ensino mostram-se pouco destoantes em relação à interação parafrástica. Verificamos que várias respostas escritas pelos alunos espelham-se principalmente no texto TD03 trabalhado em uma atividade anterior à

atividade com os textos TD04 e TD05. As idéias discutidas pelos personagens no texto TD03 foram relacionadas às idéias presentes nos textos TD04 e TD05 e incorporadas às respostas escritas por 11 alunos. Em outras respostas verificamos a intertextualidade entre os textos trabalhados na atividade e idéias retomadas do filme didático FD06 exibido minutos antes do início da atividade com os textos de DC. É o caso de um aluno que insere a entidade física “onda de matéria” tanto no preenchimento do quadro, relacionando-a às idéias defendidas pelo personagem Challenger, quanto na resposta à pergunta formulada na atividade. As inserções que ocorrem nesse nível revelam um avanço na construção de novos significados e relações. Segundo Marcuschi (1996), no horizonte inferencial temos a possibilidade de um extenso e proveitoso treinamento dos raciocínios prático, estético, crítico e outros tipos de raciocínio.

Simultaneamente à análise das respostas escritas dos alunos no que diz respeito aos horizontes de compreensão, investigamos como os alunos conformam suas respostas a partir dos textos fonte. Constatamos que na 2ª atividade, realizada com os textos TD04 e TD05, onze alunos elaboraram suas respostas baseadas apenas no texto TD04. Outros três transitaram entre os textos de maneira muito peculiar, ou seja, eles conformam suas respostas em um movimento de vai-e-vem, ziguezagueando pelo texto e pinçando idéias localizadas ora no início do texto, ora localizadas no final, retornam ao início etc. Em que pese a formatação das respostas apresentadas na 2ª atividade, isto é, na forma de tópicos, consideramos esse ziguezaguear um tipo de interação que reflete a capacidade

do aluno em agrupar e relacionar idéias diluídas ao longo do texto, expressas por diferentes personagens, para, enfim, conformar a resposta escrita.

O indicador “Leitura Errada” (LE) apresentou na 2ª atividade uma redução, visto que apenas quatro alunos consideraram argumentos de um dos personagens como sendo do outro. A baixa frequência desse indicador revela que os alunos não apresentam dificuldades na identificação das idéias e argumentos de cada personagem.

O indicador “Extrapolação” (EXT) não está presente em nenhuma das respostas escritas dos alunos na 2ª atividade. Na 1ª atividade (TD01) esse indicador está presente em apenas duas perguntas elaboradas por dois alunos, na 2ª parte da atividade com o texto TD01. Nas duas perguntas dos alunos o tema por eles abordado não tem relação com o tema tratado no texto TD01, mas com temas discutidos nas aulas que antecederam essa atividade. Apresentamos a seguir a pergunta formulada pelo aluno AL23 na atividade com o texto TD01, na qual ele aborda a teoria do éter, tema não tratado no texto TD01, e um trecho do quadro de narrativa da aula na qual foi realizada a atividade com o texto (destacamos as falas do AL23 com o professor). O trecho da aula aconteceu antes da atividade de leitura e escrita com o texto TD01.

(AL23, P2, TD01) Pergunta: “Quando se firmou a teoria do Éter, foi-se imaginado essa teoria para se calcular a velocidade da luz no sistema solar (por exemplo, quando se teve uma noção da velocidade da luz com o deslocamento de Júpiter)?”

QUADRO 3: QUADRO DE NARRATIVA - AULA DO DIA 24 – 01 – 03 - SALA 331 - 13:00h / 14:40h TEMA: Atividade de leitura e escrita (Texto TD01)

TEMPO	NARRATIVA
00:05h	O início da aula é bem confuso. Os alunos conversam muito. Alguns conversam com o professor sobre assuntos já tratados em aulas anteriores. O tema central das conversas com o professor dizem respeito a dualidade onda – partícula para a luz. O aluno AL23 pergunta sobre o éter. Qual era a explicação dada pelo M.O. para o éter. A maior parte das conversas são inaudíveis porque os alunos conversam simultaneamente. O professor pede silêncio para dar início à aula, porém muitos alunos continuam conversando.
00:20h	Em meio a muita conversa o professor fala para os alunos [...] que gostaria de recuperar parte dessa conversa antes do início da atividade com o texto, prevista para a aula do dia. [...] O professor diz que “uma das idéias que ele gostaria de recuperar é sobre a natureza da luz. Ela é onda ou partícula? Isso tem solução?” Ele diz que isso fica parecendo assim: “Ser ou não ser. Se por um lado as coisas parecem caminhar rumo a uma construção, com certa consistência, de repente vem uma idéia que organiza e ao mesmo tempo que desorganiza. Não há respostas. Apenas o problema é colocado. Então, pra que serve tudo isso? Se isso leva a uma confusão, será que vale a pena continuar explorando esse tema?” [...] Ele pergunta aos alunos se há mais alguma questão para ser colocada ou sobre o texto que eles leram. O aluno AL23 pergunta sobre a natureza da radiação e como o M.O. explicava a propagação da luz no éter. O professor explica então que “a luz, uma onda eletromagnética, se propaga no espaço vazio. Mas a comunidade científica da época admitia que no espaço vazio havia éter. Como se o éter não fosse propriamente matéria como era conhecida até então. Onde se afirma que há espaço vazio ainda há éter e a onda eletromagnética se propaga nesse meio chamado éter.” O aluno conversa com o professor mas não dá para escutar (inaudível). “Na perspectiva da ciência daquele período (fala o professor) a idéia predominante era: mesmo no espaço vazio é preciso haver um meio para a propagação das ondas eletromagnéticas. Esse meio é o éter. E o éter apresentava propriedades bem contraditórias. Uma dessas propriedades era a de que o éter deveria apresentar uma elasticidade tal que permitisse à luz se propagar com uma velocidade infinitamente grande (cita o valor : $c: 3 \times 10^5$ Km/s). Por outro lado o éter não poderia oferecer resistência ao movimento de nenhum corpo. Ele deveria ser imponderável (sem massa) e completamente rarefeito.”
00:25h	O professor é interrompido [...] O professor retoma o que estava dizendo sobre o éter. Ele diz: “estas duas propriedades eram muito difíceis de serem combinadas.” Retoma parte do trecho que ele leu no livro de Dulcídio Brás Júnior, na aula anterior. Diz: “uma das duas “nuvenzinhas” percebidas pelo Lord Kelvin referia-se ao problema da radiação de cavidades e a outra se referia ao problema do éter.” Completa dizendo que “a discussão sobre o problema do éter está relacionada com a física quântica e levou à formulação da teoria da relatividade” a qual será abordada um pouco mais à frente. O professor pergunta ao aluno AL23 se ele está esclarecido. [...]

Ao compararmos a pergunta formulada pelo aluno com o trecho da aula na qual ele conversa com o professor, percebemos que o tema “éter” parece não estar totalmente esclarecido para o aluno. A despeito da instrução dada na atividade, a

pergunta por ele formulada revela uma tentativa a mais de expor sua dúvida. Nesse sentido a atividade com o texto de DC oportunizou mudanças na forma como alunos expõem suas dúvidas.

Sem perder de vista o formato das atividades propostas, o contexto no qual foram realizadas e sua finalidade, qual seja, serem submetidas a avaliação, e somando-se a isso o nível de escolarização dos alunos, os resultados apontam uma outra face da escrita dos alunos: uma escrita parafrástica.

A seguir o gráfico 4 apresenta a frequência dos indicadores nas respostas escritas dos alunos para a categoria “Leitor”. Esta categoria indica o universo de leitores das respostas escritas dos alunos. O aluno preocupa-se com seu leitor? Enfim, para quem ele escreve?

Gráfico 4 - CATEGORIA “LEITOR” - Para quem os alunos escrevem Atividades com os textos TD01, TD04 e TD05

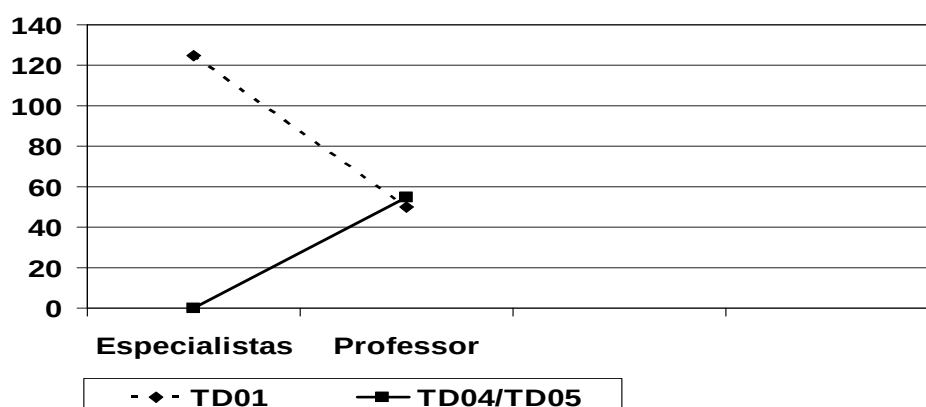


gráfico 4: categoria Leitor

Para responder essas perguntas classificamos as respostas escritas dos alunos em respostas dirigidas para o professor e respostas dirigidas para especialistas. O critério utilizado foi o seguinte: incluídas no indicador “Professor” estão as respostas que apresentam lacunas de sentido (descontinuidades semânticas). Isto significa dizer que os alunos não se expressam de forma clara e objetiva. Eles escrevem para seu professor. Por sua vez, o professor, na função social exercida em sala de aula, compartilha significados com seus alunos e está ciente do modo como seus alunos se expressam. Isso facilita a compreensão do que o aluno quis dizer ao escrever da forma como escreveu. Na 1ª atividade, das cento e setenta e cinco perguntas escritas pelos alunos, aí incluídas as respectivas respostas, um total de 50 foram classificadas com o indicador “Professor” e as restantes, classificadas com o indicador “Especialistas”. As respostas incluídas neste indicador são aquelas que não apresentam lacunas de sentido, ou seja, expressam de forma clara o tema (sobre o que se escreve) e o seu objetivo (para que ele escreve). Outras pessoas familiarizadas com conteúdo, que podem ser outros professores de Física, excluído o professor da turma, conseguem identificar facilmente o tema e objetivo expressos na resposta escrita do aluno. Considerando as especificidades da 1ª atividade e que a escrita do aluno é predominantemente parafrástica, os alunos demonstram capacidade em formatar suas respostas de forma clara. A seguir fornecemos um exemplo de questão classificada com o indicador “Professor”:

(AL03, Q3/R3, TD01) Pergunta: “Como cada teoria explica a diferença de energia dos

elétrons arrancados pela luz vermelha e pela luz violeta?” Resposta: “- Ondulatória – O comprimento de onda da luz vermelha é igual ao dobro do da luz violeta. – Quântica – A energia da luz vermelha é igual a metade da energia da luz violeta”.

A pergunta não informa as teorias das quais se deseja uma explicação, nem o fenômeno envolvido na extração de elétrons e de onde esses elétrons foram extraídos. São visíveis as lacunas de sentido. Isso revela que o aluno escreve para um leitor que compartilhe com ele o contexto a partir do qual a pergunta e resposta foram concebidas. Somente ao ler a resposta o cenário se apresenta um pouco mais completo. As teorias são explicitadas e o objetivo da pergunta, que era o de obter uma explicação sob o ponto de vista das duas teorias, não corresponde ao que está expresso na resposta. O aluno não fornece a explicação, mas a comparação entre entidades físicas do ponto de vista das teorias abordadas e focaliza a terminologia por elas empregada.

O exemplo a seguir é o de uma resposta classificada com o indicador “Especialistas”:

(AL13, Q2/R2, TD01) Pergunta: “O que são fótons?” Resposta: “São pequenas porções de energia caminhando pelo espaço vazio com velocidade da luz”.

Neste exemplo nota-se que o aluno escreve de forma clara e objetiva. O tema (entidade física: fótons) e objetivo (definição) da pergunta e resposta são expressos claramente. Aqui, o aluno não escreve apenas para o seu professor.

Ele amplia o universo de leitores, embora esses “novos” e “supostos” leitores pertençam a uma classe bem definida: são leitores especialistas, que possuem um conhecimento razoável sobre o assunto, no caso a F.M.C.

Na 2ª atividade ocorre uma inversão: o indicador “Professor” predomina. Esse resultado justifica-se pelas características próprias dessa atividade. O preenchimento do quadro através de tópicos pela maioria dos alunos e a pergunta que solicita o posicionamento do aluno contribuíram para que 100% das respostas escritas fossem classificadas com esse indicador.

A seguir apresentamos dois exemplos de respostas dos alunos. O primeiro ilustra um quadro preenchido com os argumentos dos personagens. O segundo, uma resposta à pergunta formulada na atividade.

(AL01, TD04/TD05):

Argumentos de Summerlee	Argumentos de Challenger
“- Mudança da cor da Luz: duplicação da energia de cada fóton individual que é emitido”. “- Reflexão da Luz: os raios X que são incididos retornam com energia reduzida. É exatamente o que aconteceria com elétrons individuais”.	“- Interferência da Luz: uma onda pode se somar umas às outras, assim como as ondas do mar, causando dessa forma uma interferência”. “- Experiência com as bolhas de bilhar: chegou a conclusão que o elétron, átomos e até as moléculas inteiras comportam-se como ondas”.

(AL04, P, TD04/TD05) *Pergunta: “Qual sua posição diante dessas idéias?”*

Resposta: “Pelos vídeos que nós viemos assistindo, tudo indica que houve uma unificação das 2 teorias, já que nenhuma delas, isoladamente, consegue explicar todos os fenômenos apresentados pela luz. Acho que uma terceira teoria deve ter sido apresentada explicando tais fenômenos e unificando as teorias”.

Do que foi exposto acima, verificamos que, no contexto estritamente escolar no qual as respostas escritas foram produzidas, a escrita do aluno atinge um universo de leitores ainda muito restrito. Ao contrário da DC que almeja um universo bem amplo de leitores e por nós utilizada como ferramenta mediadora para a discussão de temas relacionados à FMC, percebemos, nesse sentido a sua pouca influência no que diz respeito ao “para quem os alunos escrevem”. Um outro ponto a ser discutido e que de certa maneira corrobora para o resultado encontrado refere-se à conformação da sequência de ensino que embasou a coleta de nossos dados. A expectativa de ampliar o espaço de circulação para além da relação professor-aluno não se constituiu enquanto meta das atividades propostas na sequência de ensino. Entendemos que para ampliar a circulação do escrito do aluno a um número maior de leitores faz-se necessário pensarmos não só no tipo de atividade que estamos propondo, como também realizarmos um trabalho de reescrita daquilo que foi escrito. Parafraseando Bonatelli e Citelli (1997: 122) a respeito da escrita em sala de aula, acreditamos que a resposta escrita do aluno, construída a partir do processo de escrita/leitura/reescrita, configura-se em vivência ativa com a linguagem. De certa maneira, é no

movimento de feitura e refeitura que o aluno vai dominando a sua escrita. Infelizmente o fator “tempo escolar” não permitiu esse movimento.

3.3 - AS MÚLTIPLAS FACES DA ESCRITA DO ALUNO

Empreendemos um novo olhar sobre nosso objeto de análise na perspectiva de encontrar a verdadeira face da escrita dos alunos. Esse olhar nos revelou, em maior ou menor grau, traços do gênero da divulgação científica, do científico, do didático e cotidiano. Ao longo de nossa discussão procuraremos exemplificar cada um dos elementos identificados nas respostas escritas dos alunos sem perder de vista os textos de DC trabalhados nas atividades selecionadas da seqüência de ensino. Assim, os resultados obtidos através deste procedimento de análise são apresentados e discutidos a seguir.

Iniciaremos pelos elementos presentes no gênero da DC e identificados por nós nos textos trabalhados nas duas atividades selecionadas da seqüência de ensino e nas respostas escritas dos alunos: nomeação, exemplificação, presença de procedimentos explicativos, gancho frio, analogias/comparações e metáforas, interação com o leitor. Pretendemos, desse modo, identificar como o aluno dialoga com os textos de DC, no sentido de incorporação e modificação desses elementos. Esse movimento permite verificar se os textos de DC influenciam a escrita do aluno e em que medida isso acontece; conseqüentemente, revelar uma nova face de sua escrita.

A nomeação é pouco freqüente nos textos de DC trabalhados nas atividades selecionadas e também nas respostas escritas dos alunos. Nos textos de DC a encontramos apenas em dois trechos dos três textos trabalhados, um no texto TD01 e o outro no texto TD04. Nos escritos dos alunos encontramos somente na resposta do AL19, configurando dois tópicos nas colunas dos personagens Summerlee e Challenger, da 2ª atividade. A nomeação assim se apresenta nos textos TD01 e TD04:

(L.28-29, TD01) “Essa extração de elétrons pela luz incidindo sobre o metal é chamada *efeito fotoelétrico*.”⁶⁶

(L.338, TD04) “... que a luz é feita de **partículas discretas, ou fótons** como eu os chamo, ...”

No escrito do aluno a nomeação assim se apresenta:

(AL19, (S), TD04/TD05) “luz como um *jato de corpúsculos minúsculos* (*partículas discretas – fótons*)”.

Ao compararmos este tópico escrito pelo aluno com o trecho do texto TD04 verificamos que os dois guardam semelhanças em relação ao tema abordado, ou seja, a descrição da luz em termos das entidades que a compõe. Contudo percebemos que a nomeação, no escrito do aluno, apresenta-se enquanto uma

⁶⁶ O destaque em itálico é por conta dos autores do texto

inserção parentética na qual a definição da entidade física “fótons” é escrita de forma bem sintética, sem a utilização de verbos, preposições ou conjunções. Esse modo de escrever assemelha-se a forma como os alunos elaboram esquemas de conteúdos curriculares, anotações em cadernos com o objetivo de registrar as idéias principais sobre determinado assunto. Além disso, o aluno incorpora em sua escrita um trecho do diálogo entre Holmes e Watson, retirado do texto TD03 trabalhado em uma atividade anterior à atividade com os textos TD04/TD05. Esse movimento pode ser analisado sob dois aspectos. O primeiro diz respeito à capacidade apresentada pelo aluno em buscar e relacionar, a partir de um trecho do diálogo entre Holmes e Watson, um argumento favorável às idéias defendidas por Summerlee. A escrita do aluno sob esse aspecto é intertextual. O segundo aspecto diz respeito à maneira como essa intertextualidade está presente na escrita do aluno. Constatamos que o aluno, ao incorporar o trecho do texto TD03 e TD04 realiza uma paráfrase, escolhendo as palavras e o léxico que mais lhe interessam da fala de Watson. Isso pode ser verificado a partir dos trechos dos textos que lhe serviram de fonte: o trecho do texto TD04 (L.338) citado acima, e o trecho do texto TD03 (L.58-59) citado a seguir, onde os destaques em negrito referem-se às palavras utilizadas pelo aluno ao escrever o tópico.

(L.58-59, TD03) “... posso imaginar facilmente **a luz como um jato de corpúsculos minúsculos**, eu disse. Lançados com grande velocidade, de modo que ...”.

Esse aspecto nos revela uma escrita parafrástica. Analisado como um todo, o tópico escrito pelo aluno aponta para uma construção híbrida, no sentido de uma escrita que se configura influenciada e mesclada de diferentes formas pelos textos de DC.

O outro tópico é atribuído a um argumento favorável às idéias defendidas pelo personagem Challenger, portanto é escrito na coluna reservada aos argumentos desse personagem. O tópico escrito pelo aluno e o trecho do texto fonte utilizado como referência pelo aluno são apresentados a seguir. O trecho do texto fonte refere-se a uma fala do personagem Challenger durante um diálogo com seu oponente, Summerlee. Destacamos em negrito as frases e palavras escolhidas no texto, pelo aluno, para compor sua resposta.

(AL19, (C), TD04/TD05) *“partículas surfistas nunca podem realmente transportar informação mais rápido que a luz. Elas são guiadas pelas ondas, e não o contrário – ondas guia”.*

(L.593-596, TD05) “Challenger sacudiu a cabeça. __ É mais do que isso, senhor. O que interessa é que as **partículas surfistas nunca podem realmente transportar informação mais rápido que a luz. Elas são guiadas pelas ondas, e não o contrário**, e o mero ato de examinar uma partícula surfista ...”

Ao compararmos o escrito do aluno ao trecho do texto de DC percebemos que no aspecto de formatação do texto o aluno transforma parte do diálogo entre os

personagens em um tópico, exclui o sujeito que pronuncia a fala e seleciona o trecho destacado para compor sua resposta. O resultado apresenta uma escrita parafrástica, enquanto seleção das palavras no trecho do texto de DC e ao mesmo tempo muito próxima da cópia. Por outro lado a inserção da expressão “ondas guia”, hifenizada ao final do tópico, constitui uma síntese das idéias discutidas em trechos anteriores a esse, no texto fonte. Assim, a escrita do aluno nos revela sua capacidade de relacionar e sintetizar partes do texto fonte e, além disso, ela nos mostra como se processa a entrada do texto de DC na sua escrita.

A exemplificação, outro elemento do gênero da DC (Zamboni, 1997) e didático (Braga, 2003) está presente nos três textos trabalhados nas duas atividades selecionadas da sequência de ensino e nas respostas escritas dos alunos. No texto TD01 a exemplificação se apresenta com o objetivo de clarificar a respeito das terminologias utilizadas pelas teorias científicas abordadas. Os autores formatam o exemplo em colunas para facilitar ao leitor a comparação, lado a lado, das diferentes terminologias.

A seguir apresento o trecho do texto TD01:

(L.135-145, TD01) “As declarações expressadas na terminologia da teoria ondulatória podem ser traduzidas para declarações da teoria quântica da radiação.

Por exemplo:

Terminologia da Teoria Ondulatória

A luz homogênea tem um comprimento de onda definido. O comprimento de onda da extremidade vermelha do espectro é igual ao dobro do da extremidade violeta.

Terminologia da Teoria Quântica

A luz homogênea contém fótons de energia definida. A energia do fóton para a extremidade vermelha do espectro é igual à metade da energia da extremidade violeta.

No texto TD04 a exemplificação se apresenta com o objetivo de explicitar um procedimento:

(L.350-353, TD04) “Mais revelador é o que acontece quando mudamos não a intensidade, mas a cor da luz incidente. **Por exemplo**, poderíamos dobrar a temperatura do filamento da lâmpada, de tal modo que a coloração mudasse de vermelho opaco para um branco azulado.”

No texto TD05 a exemplificação tem como objetivo explicitar um raciocínio na utilização de uma “fórmula” matemática para avaliar um resultado:

(L.372-375, TD05) “___ Claro, essa fórmula implica que a luz do próprio relâmpago se propaga com velocidade infinita, acrescentei. **Por exemplo**, se a luz se propagasse apenas dez vezes mais depressa que o som, eu teria subestimado a distância em um décimo”.

Conseguimos identificar seis alunos que utilizaram a exemplificação em suas respostas, porém com objetivos diversos: para comparar entidades físicas; justificar limitações de teorias científicas e clarificar alterações realizadas em

procedimentos físicos. Vejamos como a exemplificação se apresenta na resposta escrita de um desses alunos.

O aluno AL27 utiliza a exemplificação nas duas atividades com textos de DC. Na 1ª atividade o aluno exemplifica com o objetivo semelhante ao utilizado no trecho citado do texto **TD01 (L.135-145)**, inclusive, a resposta escrita pelo aluno faz referência a esse trecho, do qual ele seleciona palavras e o léxico que lhe interessa.

(AL27, Q3/R3, TD01) Pergunta: “Qual a relação entre o comprimento de onda e a energia do fóton?” Resposta: “O comprimento de onda é inversamente proporcional à energia do fóton. Ex: A energia do fóton da luz vermelha é a metade do da luz violeta”.

Podemos observar claramente que o aluno seleciona trechos de ambas as colunas do trecho do texto fonte tanto para formular a pergunta quanto para respondê-la. Inclusive, o aluno seleciona parte do trecho fonte para compor o seu exemplo. Desse modo, a entrada do texto de DC na escrita do aluno é explícita, influenciando as palavras e o léxico utilizados, a conformação da escrita e a utilização do elemento exemplificação.

Na 2ª atividade, o exemplo fornecido pelo aluno utiliza um elemento concreto para clarificar a comparação entre o comportamento de entidades físicas:

(AL27, (C), TD04/TD05) “Ao contrário da matéria, as ondas podem transporem-se, até somando-se e anulando-se. **Ex:** ondas do mar”.

O trecho do texto fonte do qual o aluno se baseia para escrever o tópico, implicitamente expressa a exemplificação (destacada em negrito):

(L.55-63, TD04) “__ A idéia de Challenger é que as ondas são um tanto diferentes dos objetos materiais nos modos como podem se somar umas às outras. [...] **Mas considere duas ondas que partilham um mesmo trecho de mar.** Podem parecer duas ondas separadas. Mas podem também se sobrepor [...] uma cruzando a trajetória da outra, de modo a parecer uma única grande onda. E há uma possibilidade mais sutil. Suponha que a crista de uma onda coincida com a concavidade de outra similar. O efeito é [...] as ondas se anulam mutuamente.”

Neste trecho do texto TD04 a exemplificação insere elementos do cotidiano para que o leitor/ouvinte consiga acompanhar a linha de raciocínio da discussão, no caso, o princípio de sobreposição das ondas. O aluno faz o mesmo em sua escrita. Percebemos que o aluno demonstra capacidade de síntese visto que o trecho do texto fonte é bem extenso comparado ao tópico por ele escrito. O aluno pinça as idéias centrais e interpreta como sendo um exemplo fornecido pelo texto, o trecho em negrito, e o utiliza em sua resposta escrita, de forma explícita. No nosso entendimento, o aluno mantém um diálogo profícuo com o texto e a partir daí elabora, a seu modo, sua própria escrita.

Outro elemento presente no gênero da DC, conseqüentemente nos textos de DC (Zamboni, 1997), refere-se à presença de procedimentos explicativos (ou seqüências explicativas). Tomando como ponto de partida as respostas escritas dos alunos verificamos que as explicações ali presentes se caracterizam por estabelecer, explicitamente, relações entre entidades, conceitos ou processos, com o objetivo de dar conta de um fenômeno específico. O mesmo se verifica nos textos de DC. Entendemos que os motivos que levam a essa semelhança são diversos. Entre eles, e também o mais óbvio, refere-se ao fato do aluno espelhar suas respostas escritas nos textos de DC. Constatamos que a grande maioria dos alunos que apresenta explicações, ou parte delas, nas respostas escritas, o faz parafraseando o texto, tanto na 1ª quanto na 2ª atividade. Outros alunos baseiam-se em explicações presentes no texto para montar suas explicações e ao fazê-las realizam inferências sobre o texto.

A seguir apresentamos e discutimos dois exemplos de explicações encontradas na 1ª e 2ª atividades com os textos de DC e os trechos dos textos aos quais os alunos se espelharam para elaborar suas respostas:

(AL28, Q2/R2, TD01) Pergunta: “A energia dos elétrons extraídos pela luz violeta, é maior do que a extraída pela luz vermelha. Por que?” Resposta: ‘Porque a energia dos quanta de luz é diferente para diferentes cores’.

Esta resposta do aluno refere-se a um trecho do texto TD01 por nós identificada como contendo uma seqüência explicativa:

(L.108-120, TD01) “Que acontecerá se um feixe de luz homogênea de cor diferente, digamos, vermelha, em vez de violeta, cair sobre a superfície de metal? Deixemos que a experiência responda essa pergunta. A energia dos elétrons extraídos deve ser medida e comparada com a energia dos elétrons extraídos pela luz violeta. **A energia dos elétrons extraídos pela luz vermelha resulta ser menor do que a energia dos elétrons extraídos pela luz violeta. Isso significa que a energia dos *quanta* de luz é diferente para as diferentes cores.** Os fótons pertencentes à cor vermelha têm a metade da energia dos pertencentes à cor violeta. Ou mais rigorosamente: a energia de um *quantum* de luz pertencente a uma cor homogênea diminui proporcionalmente ao aumento do comprimento de onda.”⁶⁷

O trecho do texto inicia com uma constatação inicial de um problema (a interrogativa), a seguir apresenta a problematização (comparar a energia dos elétrons extraídos e as luzes de cores diferentes). Logo após, apresenta o resultado experimental observado para, a seguir, chegar à conclusão/avaliação. Finalmente, chega-se à generalização.

A resposta do aluno apresenta uma afirmativa, baseada na problematização apresentada no texto fonte. Ou seja, o que era problematizado passa a ser um dado. O aluno, de antemão identifica o resultado observado e a partir dele constrói sua pergunta. Há de se ressaltar que o resultado observado está inserido na

⁶⁷ O destaque em itálico é por conta dos autores do texto.

explicação de um fenômeno físico, o efeito fotoelétrico. Desse modo, ele se apropria de parte da seqüência explicativa e estabelece relações entre entidades físicas para dar conta de um fenômeno específico. Ao se apropriar de apenas parte dela ele revela, de certa forma, um olhar perspicaz, objetivo e pragmático sobre o texto, visto que ele atinge o cerne da explicação.

O exemplo seguinte refere-se ao fenômeno da interferência, sobre o qual o aluno importa expressões de outros contextos para dar conta da explicação:

*(AL04, (C), TD04/TD05) “A luz é uma onda, porque, como nas **ondas da água**, quando há interferência entre duas ondas, ela é capaz de formar vales (**faixas escuras** no espectro) e cristas (**faixas claras** no espectro) e a **anulação da onda** quando um vale e uma crista se encontram”.*

A explicação do aluno para o fato da luz ser uma onda é construída da seguinte maneira: o aluno importa elementos do modelo de sobreposição das ondas observado na água e da montagem experimental das duas fendas para dar conta do fenômeno físico de interferência para a luz.

O trecho do texto fonte, utilizado pelo aluno para conformar sua resposta, explica o modelo alternativo apresentado pelo personagem Challenger, para defender seu ponto de vista a respeito da natureza ondulatória da luz:

(L.476-486) “Agora permitam que eu lhes mostre um modelo alternativo. [...] mesa coberta de **água** [...] pequeno mecanismo que começou a balançar para cima e para baixo, emitindo um **padrão de ondulações**. As ondulações [...] atravessaram as duas passagens. [...] fazendo o **nível da água** naquela extremidade **oscilar para cima e para baixo** segundo um padrão curioso. [...] o papel ficou escuro até o ponto mais alto [...] **A intervalos regulares, a faixa escura** [...] mas **a meio caminho entre esses picos** ela diminuía, **desaparecendo por completo**”.

Ao confrontarmos esse trecho com a resposta escrita do aluno percebemos as inferências realizadas por ele ao relacionar a explicação da montagem experimental das duas fendas para ondas na água com a montagem experimental das duas fendas para a luz. Concomitante a isso, o aluno acrescenta expressões como “faixas escuras no espectro” e “faixas claras no espectro” que não estão presentes no texto de DC. Desse modo, as inferências são retomadas da memória pessoal do aluno. Portanto, o texto de DC tem sua entrada na resposta escrita do aluno enquanto referência para a tematização de sua resposta e construção de sua explicação.

O “Gancho frio”, identificado por Zamboni (1997:33) como um elemento muito freqüente na divulgação científica, principalmente, no meio jornalístico, também está presente nos textos de DC trabalhados na seqüência de ensino e nas respostas escritas dos alunos. Nos textos de DC eles se apresentam no início e no fechamento, emoldurando as argumentações e idéias discutidas no corpo do texto. Também são inseridos no meio do texto quando o cenário das discussões e

embates sofrem deslocamentos espaço-temporais. Nas respostas escritas dos alunos identificamos a presença do “gancho frio” no início das respostas escritas, antecedendo efetivamente a questão posta. O objetivo em ambos os casos (textos de DC e respostas dos alunos) é o mesmo e as diferenças ficam por conta das extensões que o recurso ocupa no texto e, no caso das respostas escritas dos alunos, da sua tematização. Apresentamos a seguir exemplos de respostas dos alunos que fazem uso desse elemento, em maior ou menor extensão. Quanto aos trechos dos textos de DC, por serem extensos, não reproduziremos no *corpus* da dissertação. Para consulta, ver os anexos 7, 11 e 12, nos quais destacamos alguns trechos por nós classificados como sendo “gancho frio”.

(AL02,P2, TD01) Pergunta: “Quando consideramos dois orifícios de alfinetes, com luz homogênea passando entre eles, produzirão na tela faixas escuras e claras. E se o fóton de luz homogênea representa uma partícula elementar de luz, dificilmente podemos imaginar sua divisão e sua passagem através dos dois orifícios. Se o fóton se comporta como um corpúsculo em Física Clássica, ele deverá passar em um dos orifícios. Neste caso, como acontecerá o fenômenos da difração?”

O trecho destacado em negrito constitui o “gancho frio” e foi baseado no trecho do texto TD01 compreendido entre as linhas (L.180-195). Neste trecho do texto TD01 os autores criam um “suspense” na narrativa científica ao abordarem os fenômenos da difração e interferência da luz sob a ótica da teoria quântica. O “suspense” fica por conta da resposta que não é fornecida pelo texto. O texto fonte esboça respostas, levanta algumas hipóteses, porém deixa em aberto essas

questões. É interessante notar que o aluno tira proveito da situação posta pelos autores do texto. Ao espelhar-se neste trecho do texto TD01, o aluno o utiliza como um “gancho” nos dois sentidos: para elaborar sua resposta escrita como um todo e para introduzir sua questão (o “gancho frio”, propriamente dito).

O exemplo seguinte mostra, em menor extensão, a presença do “gancho frio” na resposta escrita por outro aluno:

(AL23, P3, TD01) Pergunta: “Com a experiência de Einstein foi-se percebido que não era possível aumentar a velocidade dos elétrons emitidos aumentando a intensidade da luz. Como seria possível aumentar a velocidade dos elétrons e qual a utilidade desse aumento em prol de nossa vida pessoal?”

A respeito dessa resposta escrita do aluno gostaríamos de tecer alguns comentários que consideramos indispensáveis. O primeiro diz respeito às lacunas de sentido presentes na pergunta formulada: o aluno não explicita a qual experiência de Einstein ele se refere. Segundo, o horizonte de compreensão no qual o aluno encontra-se é o da leitura errada: o texto discute e responde a a primeira parte da pergunta do aluno. Enfim, o aluno questiona a aplicação desse fenômeno no cotidiano. Este último revela a expectativa que o aluno possui em relação ao conhecimento científico: o conhecimento científico deve de alguma forma ser útil às nossas vidas.

As analogias/comparações e metáforas presentes nos textos de DC são muitas.

Nas respostas escritas dos alunos elas estão inseridas, a partir dos textos de DC, nas definições e descrições de entidades e fenômenos físicos. Constatamos que os alunos as incorporam às suas respostas como elementos que os auxiliam a compor o objeto do qual se referem, seja ele uma entidade ou um fenômeno físico. Este resultado não nos causa estranheza visto que os autores dos textos de DC trabalhados nas duas atividades selecionadas procedem da mesma maneira. Quanto ao uso e funções das metáforas e analogias nos textos de DC gostaríamos de fazer alguns comentários. Em primeiro lugar, as metáforas e analogias não são de uso exclusivo da DC, pois aparecem também no discurso científico, no didático, no cotidiano. Segundo Lakoff & Johnson, citados por Braga (2003:113), “as metáforas fazem parte do modo como o homem pensa o mundo e estão presentes na maioria dos discursos”.

E em segundo lugar, as metáforas e analogias encontradas nos textos de DC trabalhados nas atividades da seqüência de ensino têm função didática, ou seja, “a de facilitar o entendimento de modelos e explicações científicas”. Contudo, muitas vezes percebemos que, ao invés delas facilitarem o entendimento de idéias e conceitos abstratos da ciência elas acabam por dificultar a aprendizagem de certos conceitos e até mesmo reforçar concepções prévias dos alunos. Isso ficou aparente em algumas colocações dos alunos, principalmente em relação à metáfora construída para a entidade física “fóton”. O texto TD01, escrito por dois cientistas, Einstein & Infeld, ao abordarem a luz sob a ótica da teoria quântica, assim a descrevem: “... a luz seja composta de grãos de energia [...] a que chamaremos de fótons, ...” (L.79-81, TD01). Na resposta escrita de um dos

alunos, a comparação “grãos de energia” e “fótons” parece induzir à interpretação equivocada do conceito de fótons. Ao ser solicitado a se posicionar em relação às idéias discutidas nos textos TD04 e TD05 (dualidade onda-partícula para a radiação e matéria) o aluno respondeu o seguinte:

(AL02, P, TD04/TD05) “Concordo com Watson, uma teoria complementa a outra. As duas teorias são corretas para explicar a natureza da luz, uma é mais correta para explicar alguns fenômenos e outra é melhor para outros. O importante é saber qual teoria é melhor para cada fenômeno... (Que tal uma partícula de ondinha?) Tô zuando...Até que eu gostei de ler esses contos, só a Física é que atrapalha! Há momentos em que não entendi. Ex: O caso das lâminas da tesoura. Pg 204”.

A resposta desse aluno, entre tantos outros pontos que poderiam ser discutidos, explicita (em negrito) de forma clara, as implicações quanto ao uso das analogias e metáforas. Até que ponto o aluno está “zuando” ou não? Situação semelhante é encontrada por Martins e Villani (2000) ao analisar as explicações fornecidas por dois grupos de alunos de uma turma do segundo ano do ensino médio acerca da natureza da luz. Um dos grupos assim se pronuncia: “... a luz é na verdade feita de partículas invisíveis que se movimentam como uma onda, mas a luz não é uma onda. Toda luz é partícula, mas nem toda luz é onda” (Martins & Villani, 2000:9).

Infelizmente não aprofundaremos nessa discussão. Mas fica como um assunto a ser discutido em sala de aula, entre professor e alunos: as limitações e abrangência das metáforas e analogias.

A interação com o leitor/ouvinte constitui outro elemento do gênero da DC e está presente também no gênero do discurso didático (Braga, 2003) e no discurso de sala de aula (Martins,1999:113). Em todos eles, a interação com o leitor/ouvinte tem como objetivo convidar o leitor/ouvinte a participar do embates presentes na narrativa científica e seguir a linha de raciocínio empregada em episódios explicativos. Nos textos de DC trabalhados na seqüência de ensino esse elemento está presente em vários momentos. No texto TD01 os verbos conjugados na 1ª pessoa do plural, no presente do subjuntivo, evidenciam essa interação com o leitor. Um exemplo é apresentado a seguir:

(L.37-38) “Tentemos encontrar a resposta pelo raciocínio em vez de pela experiência.”

Nos textos TD04 e TD05 a interação com o leitor se apresenta na voz do personagem Watson, a quem o autor escolheu como o narrador dos casos resolvidos por Sherlock Holmes. Nas reflexões (monologadas) de Watson ou mesmo nos diálogos entre os personagens dos textos, o leitor é convidado a acompanhar a linha de raciocínio utilizada pelos personagens ao defender suas idéias e as etapas presentes nas soluções dos casos.

Identificamos apenas um aluno que utiliza esse recurso de aproximação e sedução com o leitor. Entendemos que, no ambiente estritamente escolar, portanto formal, onde professor e alunos compartilham significados, o aluno, ao escrever, não tem como pretensão seduzir e aproximar o professor, seu leitor por

excelência. A escrita do aluno, predominantemente, revela-se como um exercício de reprodução de modelos, ora priorizando os exercícios (como estruturar e resolver) ora registrando o conteúdo da disciplina (copiando do quadro o que o professor escreve). Ou seja, ela deixa transparecer os tipos mais freqüentes de escrita no ambiente da sala de aula. A escrita como produção, onde o aluno expõe suas idéias, posições e opiniões sobre os assuntos discutidos em sala são episódios pouco freqüentes em aulas de Ciências⁶⁸, a Física aí incluída. Desse modo, na escrita do aluno a interação com seu leitor é apagada pelo próprio apagamento do sujeito (o aluno) que se molda aos tipos mais freqüentes de escrita presentes na sala de aula, nas mais diversas disciplinas. O exemplo fornecido a seguir ilustra um tipo de escrita pouco freqüente nas aulas de Física.

(AL09, P2, TD01) Pergunta: *“Em sua opinião, qual das duas teorias (teoria quântica da luz ou teoria ondulatória da luz) explica mais detalhadamente a natureza da luz?”*

Neste exemplo, a interação aluno/leitor está expressa através de um pedido de opinião. De certa forma, esse convite configura-se como uma primeira aproximação com o leitor, chamando-o para um debate mais amplo: o da natureza da luz e da matéria.

Até o momento discutimos os elementos característicos da DC que constam das respostas escritas dos alunos. Nossos resultados apontam para uma escrita que incorpora vários elementos da DC, em maior ou menor grau. Agora iremos

⁶⁸ Sobre esse assunto ver: Tardelli & Azevedo (1997) e Teixeira (1997)

discutir outros elementos, mais freqüentes nos gêneros do discurso da ciência, didático e cotidiano presentes nas respostas escritas dos alunos. Em nossa discussão utilizaremos os elementos identificados por Braga (2003) nos gêneros do discurso científico e didático. São eles: taxonomia técnica, expressões especiais, diagramas e descontinuidade semântica.

A taxonomia técnica é amplamente utilizada pelos alunos ao escreverem suas respostas. Como os textos de DC trabalhados na seqüência de ensino também fazem largo uso de termos técnicos, esse resultado não é inusitado. As respostas dos alunos estão povoadas (parafraseando Mortimer) de termos técnicos impregnados de significados e nas mais variadas funções: nomear entidades físicas, fenômenos, processos. Podemos citar como exemplos:

(AL08, (S), TD04/TD05) “A **radiação eletromagnética** transporta um **momento calculável** e pequeno para fazer um **cristal recuar**. Portanto a **radiação** não é uma **onda** é uma saraivada de **fótons**”.

Vê-se que o número de termos técnicos (destacados em negrito) presentes neste exemplo é considerável. Isso se configura em elevada densidade léxica, “definida por Halliday como grande quantidade de informações agrupadas na estrutura gramatical de um mesmo período “seja por estabelecimento de relações taxonômicas, seja por processo de nominalização” (Braga, 2003:41).

O exemplo seguinte mostra como o aluno utiliza os termos técnicos para definir uma entidade física:

*(AL15,Q4/R4, TD01) Pergunta: “O que é **quantum de luz**?” Resposta: “É a mínima quantidade de **energia** que pode ser transportada por uma **onda eletromagnética** de uma determinada **frequência**”.*

Analisado do ponto de vista do conteúdo composicional, o exemplo acima citado apresenta uma estrutura muito próxima à do discurso científico: as entidades físicas (energia, onda eletromagnética e frequência) apresentadas em seqüência guardam relações causais entre si. Além dessa peculiaridade, o aluno faz uso dos termos técnicos “onda eletromagnética” e “frequência” pouco freqüentes no texto TD01 e, em nenhum momento aparecem relacionados da forma como fez o aluno. O termo “onda eletromagnética” configura-se como uma inferência realizada pelo aluno que ao invés de utilizar o termo “luz”, muito presente no texto TD01, utiliza um termo técnico (onda eletromagnética). Nesse sentido, a resposta à pergunta tem sua abrangência ampliada, visto que ela define o “quantum” não apenas para a “luz”, mas para toda e qualquer onda eletromagnética. O aluno transita entre o uso de palavras que restringem o espaço de aplicação, por isso, mais contextualizadas, e o uso de palavras impregnadas de significados, por isso, mais generalizadas. Esse movimento sinaliza no sentido de apropriação de uma linguagem mais sofisticada, mais abstrata e carregada de significados. Portanto, mais próxima da linguagem científica.

As expressões especiais são muito freqüentes nos textos matemáticos, onde se configuram como equações, símbolos matemáticos, expressões que relacionam grandezas etc. Os três textos de DC trabalhados nas atividades selecionadas da seqüência de ensino apresentam expressões especiais do tipo:

(L.118-120, TD01) “[...] a energia de um quantum de luz pertencente a uma cor homogênea **diminui proporcionalmente ao aumento** do comprimento de onda.”

(L.220, TD04) “__Uma nota quase pura de cerca de **165 ciclos por segundo**.”

(L.367-369, TD05) “Como o som se propaga a **330 metros por segundo**, aquele deve estar a **três quilômetros e um terço de distância**.”

Nas respostas dos alunos as expressões especiais estão presentes na forma de equações ou relacionando grandezas ou entidades físicas.

Exemplos:

*(AL02, Q3/R3, TD01) Pergunta: “Qual a diferença entre a terminologia da Teoria Ondulatória e a terminologia da Teoria Quântica?” Resposta: “A terminologia da teoria ondulatória diz que a luz homogênea tem um comprimento de onda definido e que o comprimento de onda da extremidade vermelha **é igual ao dobro** do da extremidade violeta. [...]* “

Neste exemplo o aluno utiliza uma expressão especial (**é igual ao dobro**) para estabelecer comparação entre os valores dos comprimentos de onda dos extremos do espectro da luz.

No exemplo seguinte, o aluno faz uso de uma expressão especial, no caso uma equação, com o objetivo de esclarecer a qual energia ele se refere e como ela é calculada. O aluno descreve o que acontece no efeito fotoelétrico.

(AL04, Q2/R2, TD01) Pergunta: “Qual foi o novo conceito encontrado para explicar esse fenômeno? Como ele explicava?” Resposta: “[...] Esses fótons ao colidirem com os átomos de uma superfície com uma certa energia (hf) são capazes de arrancar elétrons dessa superfície. [...]”.

Ao utilizarem as expressões especiais em suas respostas os alunos demonstram capacidade de relacionar elementos apresentados em outros momentos de sua vida escolar, no caso, as aulas expositivas que antecederam as atividades com os textos de DC. A seguir apresentamos um trecho da aula do dia 23/01/2003 compreendido entre (00:00 h/00:10 h) retirado do quadro de narrativas, para ilustrar a discussão acontecida em sala de aula a respeito da equação da energia transportada por uma onda eletromagnética. Nessa aula o professor recapitula algumas idéias sobre a quantização da energia:

Quadro 4: QUADRO DE NARRATIVA - AULA DO DIA 23/01/2003 - SALA 205 - 15:50h às 16:40h

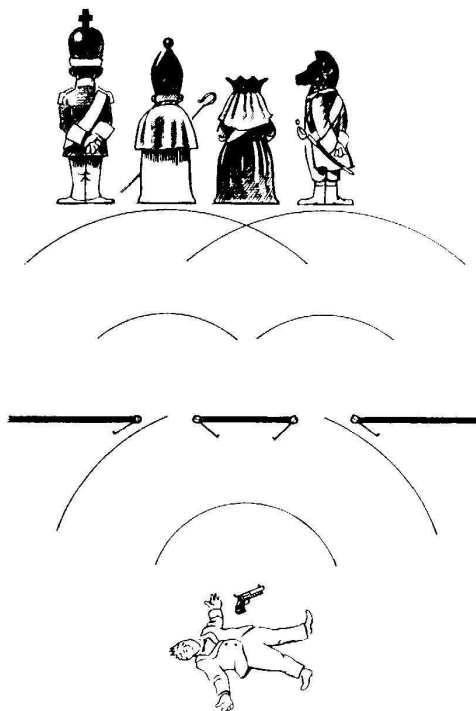
TEMA: Efeito Fotoelétrico

TEMPO	NARRATIVA
00:00h	O professor encontra-se localizado na frente da sala, voltado para os alunos. Professor e alunos conversam. [...] O professor fala que no final da aula passada a discussão havia parado na hipótese sugerida por Planck para resolver esse problema. O professor então recupera a idéia da quantização de Planck e fala da hipótese formulada por esse cientista (sistema oscilante ocupa estados de energia bem definidos, a menor porção de energia que esse sistema pode ter será múltipla de uma constante vezes a frequência do sistema, e os estados de energia seriam múltiplos inteiros desse valor). Escreve no quadro a equação $E=h.f$. Diz que agora quando ele falar da frequência de uma onda eletromagnética ele estará se referindo não só a frequência de vibração dos campos elétrico e magnético mas estará se referindo também à menor porção de energia que essa onda transporta. O professor dirige-se ao quadro e aponta para a equação lá escrita ($E=h.f$) nomeando-a como uma unidade de energia já vista na aula anterior. Associa a onda eletromagnética a um sistema oscilante, vibrante, o qual obedece a hipótese de Planck ali representada pela equação. Relembra aos alunos que Planck faz essa hipótese para resolver um problema específico e que de fato ele (Planck) nem afirma que a onda se propaga através desses “quanta” de energia (Esclarece: “quanta” para singular e “quantum” para plural) ou “fótons” [...].

A intertextualidade revela progressiva capacidade de estabelecer conexões entre conceitos, entidades, fenômenos e processos, e suas representações abstratas, a partir de situações vivenciadas em momentos diferentes. Nota-se que a escrita do aluno recebe influências de elementos presentes nas linguagens científica, da DC e dos livros didáticos. A entrada da DC predomina e funciona como um “andaime” que oportuniza a entrada de elementos do discurso científico e didático, no caso, uma equação.

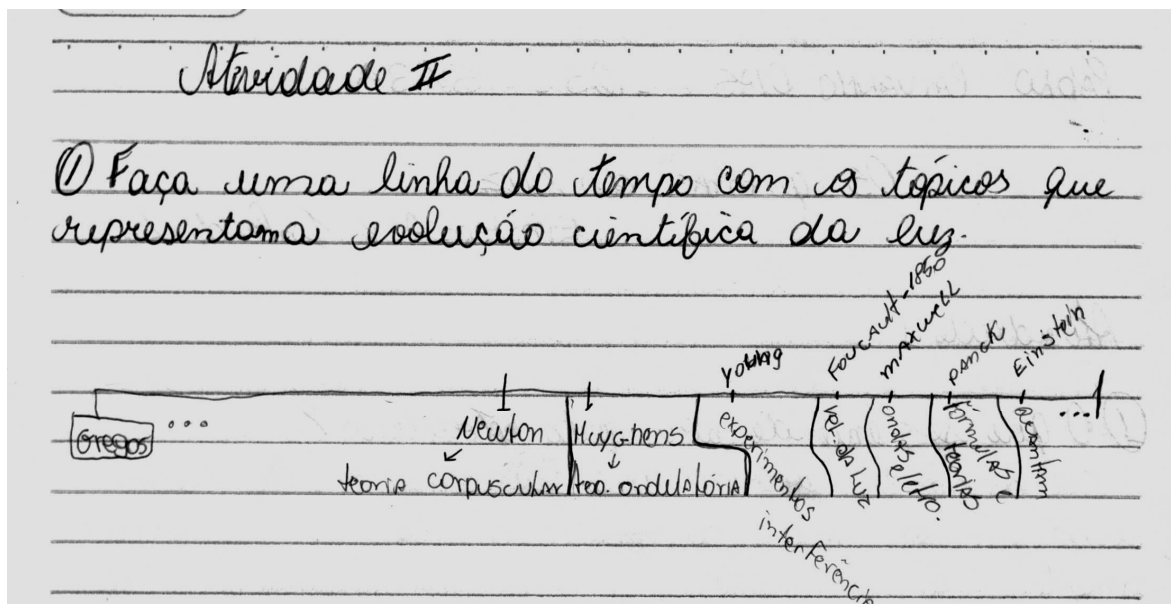
Os diagramas, muito comuns nos livros didáticos, amplamente utilizados pela ciência estão presentes apenas no texto TD04 e em uma resposta escrita por um aluno.

No texto TD04 os diagramas são utilizados como um recurso auxiliar para o personagem Sherlock Holmes analisar a disposição dos diversos elementos na cena de um crime. Ou seja, a função dele não é a descritiva, como a dos diagramas identificados por Braga (2003) ao analisar os livros didáticos de ciências. Aqui eles exercem a função de recompor um cenário e ajudar nas argumentações. O diagrama a seguir encontra-se na página 179 do texto TD04, denominado pelo autor como “A festa real”.



Na resposta escrita pelo aluno, o diagrama retoma idéias trabalhadas ao final do 3º bimestre letivo que antecedeu a aplicação da seqüência de ensino. O aluno representa uma linha de tempo onde estão identificados nomes de cientistas e

datas relacionadas às marcas históricas do surgimento de teorias científicas que focalizaram o estudo da natureza da luz.



A utilização do diagrama permite condensar em um espaço reduzido grande quantidade de informações. O aluno ao se expressar dessa forma explora sua capacidade em sintetizar idéias, e no caso específico, demonstra a visão que ele possui da física enquanto resultado de trabalho humano, realizado e construído historicamente.

A descontinuidade semântica, considerada como lacunas de sentido, nos textos de DC presentes nas atividades da seqüência de ensino, referem – se a fenômenos ou processos, os quais o autor do texto pressupõe que seu leitor domine. Encontramos várias descontinuidades semânticas nos textos de DC. Tendo em vista que os textos de DC têm como objetivo contemplar um universo amplo de leitores e permitir ao público aproximar-se do “código secreto”

compartilhado somente por aqueles que de alguma forma pertencem à comunidade científica, é de se estranhar a presença desse elemento nos textos trabalhados na sequência de ensino. Contudo, eles foram escritos por cientistas e não por jornalistas divulgadores da ciência. Este fato, em parte justifica a presença desse elemento nos textos trabalhados.

Nas respostas escritas dos alunos também encontramos muitas descontinuidades semânticas. As respostas classificadas com o indicador Professor constituem, grosso modo, o montante de respostas que apresentam descontinuidades semânticas, seja pela não explicitação da teoria ou fenômeno físico abordado, seja por falhas gramaticais que dificultam a compreensão do que o aluno quis dizer ao escrever da forma como escreveu.

Analisado sob esse ponto de vista temos bastante claro que tanto os alunos quanto os autores dos textos de DC escrevem para um leitor “ideal”. O universo de leitores idealizados pelos autores de DC é limitado, embora bem mais amplo que o universo de leitores imaginado pelo aluno. No caso do aluno, para nós isso ficou muito claro, ele escreve para seu professor.

Do gênero do discurso cotidiano, as respostas escritas dos alunos incorporam elementos da vivência e do senso comum da maioria das pessoas. A entrada de elementos do cotidiano na escrita do aluno se dá pela incorporação de trechos dos textos de DC. Os elementos do cotidiano presentes nos textos de DC são utilizados na descrição de montagens experimentais e, como objetos concretos

nas demonstrações realizadas pelos personagens para ilustrar idéias e conceitos abstratos durante o debate público. No que diz respeito às demonstrações realizadas pelos personagens Summerlee e Challenger, podemos considerá-las como fazendo parte de uma “aula” na qual o público ali presente pode ser comparado aos alunos de uma sala de aula. Em aulas de ciências as demonstrações têm um papel bem definido. Segundo Martins (1999:111), “as demonstrações ajudam a revelar como o comportamento do que é material impõe restrições acerca do que podemos ou não imaginar”. Tendo em vista que as teorias científicas pretendem descrever o mundo “como ele realmente é”. Contudo, o mundo não se mostra nada parecido com o que as teorias nos dizem. [...] As teorias científicas falam do mundo “por trás das aparências” e as demonstrações tentam trazer esse mundo subjacente à superfície.” Nesse sentido, ainda consoante a fala de Martins, “a função de uma demonstração é levar os estudantes a ver as coisas como as teorias dizem que elas são: demonstrações têm a ver com *“passar a ver o mundo de uma certa forma”*.” (O destaque em itálico é por nossa conta). É justamente essa a função que as demonstrações presentes nos textos de DC têm sobre os ouvintes do debate público e, por conseguinte, sobre os leitores. A seguir fornecemos dois exemplos de respostas escritas dos alunos que apresentam elementos do discurso cotidiano em suas respostas:

(AL02, P2, TD01) Pergunta: “Quando consideramos dois **orifícios de alfinetes**, com luz homogênea passando entre eles [...]”.

No exemplo as palavras em negrito pertencem ao cotidiano dos alunos e no contexto no qual foram utilizadas se prestam a rememorar o experimento das duas fendas para observação do fenômeno de interferência. De certo modo, consideramos que esse tipo de inserção contextualiza procedimentos, conceitos e idéias da ciência, facilitando o entendimento pelos estudantes. As respostas onde há ocorrência de elementos do cotidiano, geralmente apresentam conceitos científicos entrelaçados, o que torna impossível isolar os elementos dos gêneros ali presentes.

Outro exemplo:

(AL23, (S), TD04/TD05) *“Com uma **bola de futebol** e uma **de borracha** Summerlee provou que a bola de borracha retornava com menor energia e com algumas explicações provou que a radiação não é uma onda”.*

Neste exemplo o aluno parafraseia o trecho do texto TD04 (L.378-402) no qual o personagem Summerlee realiza uma demonstração para o público que está presente no debate. A demonstração “simula” a interação entre os raios X e os elétrons de certos cristais. O aluno sintetiza as idéias principais contidas no trecho do texto de DC e cita-o como um argumento favorável às idéias defendidas pelo personagem. A entrada do texto de DC na resposta escrita do aluno é clara: para nós, ao escolher esse trecho do texto de DC, o aluno buscou, entre as palavras e o léxico presentes no texto, os elementos que lhe proporcionaram o entendimento das idéias que o personagem explorava naquele momento.

Parece que os diversos tipos de textos de DC presentes na sequência de ensino e as especificidades das atividades realizadas com os mesmos exercem influência na escrita dos alunos. De certo modo, a escrita dos alunos é moldada pelo contexto no qual ela é produzida: em uma sala de aula, para um leitor especial (o professor) e com fins avaliativos.

Concluindo, nossos indicadores reconstituem as evoluções na escrita dos alunos e apontam para uma progressiva aquisição da linguagem científica no sentido de abordagens mais elaboradas sobre temas mais abstratos e complexos. Consoante a isso, os posicionamentos dos alunos em relação às idéias e teorias discutidas nos textos e nas aulas parecem convergir tanto para a aceitação das limitações das teorias e suas concepções quanto para admitir a existência concomitante de mais de uma teoria para explicar determinados fenômenos físicos. No que diz respeito à influência dos gêneros de discurso na escrita dos alunos, percebemos que eles parecem eleger uma “forma” preferida de escrita. Essa “forma” preferida de escrita “mistura elementos da linguagem científica (relações entre o já conhecido e a nova informação), preservando, entretanto, basicamente a mesma forma das construções cotidianas, com processos expressos por frases não nominalizadas, relacionadas através de conjunções” (Mortimer et al, 1998). Elementos do discurso da DC e didático também estão presentes.

CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Chegou a hora de dar um desfecho, de escrever a conclusão... Não sei por onde começar. Penso nas motivações iniciais, olho no tempo que ficou lá atrás. E lá estão elas, as motivações não se apagam. Permanecem como faróis a indicar caminhos a serem seguidos. Decido-me. Começarei pelo caminho que me trouxe até aqui: as motivações que conduziram a mudanças em minha prática de ensino.

A motivação primordial tem lugar no aluno. Ele instiga, nos joga pra frente, sempre nos faz buscar meios e fins para tornar possível um ensino melhor e de qualidade. Retomo minha trajetória inicial como professora e volto à sala de aula de um curso para o magistério. Na época lecionava Física e Matemática para alunas da 2ª série do curso de Magistério, noturno, em uma escola pública estadual. E foi junto a essas alunas, futuras professoras de 1ª a 4ª séries do Ensino fundamental, que pela primeira vez trabalhei com textos alternativos ao livro didático. Esse episódio marcou o início de uma prática edificada na negociação quanto às escolhas do que ou não fazer em sala de aula e, principalmente, permitiu compartilhar saberes com as alunas, muitas já estagiando em salas de aula de 1ª a 4ª séries do Ensino fundamental. Os textos alternativos, retirados de revistas e jornais foram trabalhados concomitantemente ao conteúdo de Física da série na qual as alunas se encontravam e, na verdade, eles foram utilizados com o objetivo de auxiliar as futuras professoras a trabalharem o mesmo conteúdo com seus alunos. Então, os textos alternativos, escolhidos no coletivo, focalizavam as crianças. Nossas aulas de Física se transformaram a partir daí.

Assim, a crença no potencial didático dos textos de DC vem de anos de trabalho em sala de aula. Nessa época, a entrada dos textos de DC em sala de aula acontecia de forma menos sistematizada, sem um planejamento prévio. Ora os alunos sugeriam ou levavam revistas ou recortes de jornais sobre determinado assunto, ora eu comentava, lia ou sugeria a leitura de determinada revista ou jornal sobre temas relacionados aos que estudávamos no momento. Desse modo, os textos de DC estavam presentes em uma ou outra questão de prova, complementando determinado assunto, trazendo novas informações e diversos pontos de vista.

Ainda em relação às atividades em sala de aula com textos de DC, nos últimos anos comecei a focalizar a escrita dos alunos. O objetivo era o de verificar se a leitura dos textos de DC, de alguma forma, possibilitavam mudanças e/ou permanências na escrita dos alunos. Estas indagações convergiram para as questões colocadas nesta pesquisa.

Para responder tais questões a seqüência de ensino aplicada aos alunos da 3ª série do Ensino médio de uma escola técnica federal foi especialmente elaborada. Isso implicou em mudanças e permanências no ritual escolar visto que os alunos foram submetidos a uma seqüência de atividades pouco comum nas aulas de Física da maioria das escolas. A multimodalidade da seqüência de ensino expressa nas diversas linguagens e tipos de textos nela presente possibilitou aos alunos diferentes leituras e modos de escrita. Assim, a pesquisa desenvolvida a

partir da seqüência de ensino constitui um instrumento poderoso para analisar os aspectos discursivos da escrita dos alunos.

Os registros em áudio das aulas e as anotações realizadas no caderno de campo forneceram momentos preciosos que auxiliaram nossa análise da escrita dos alunos.

A definição das categorias e indicadores possibilitou a primeira aproximação com a escrita do aluno. A identificação dos elementos textuais e gramaticais dos vários gêneros do discurso, tanto nos textos de DC trabalhados na seqüência quanto nas respostas dos alunos possibilitou a segunda aproximação com a escrita do aluno. Procuramos, assim, realizar um duplo olhar sobre nosso objeto de análise.

4.1 - MUDANÇAS E PERMANÊNCIAS NA ESCRITA DOS ALUNOS

Nessas considerações finais focalizaremos a evolução na escrita dos alunos balizada pelas mudanças e permanências por nós observadas.

A escrita dos alunos elege como objeto de troca discursiva as entidades físicas. Elas possibilitam aos alunos estabelecer relações entre conceitos científicos, teorias e fenômenos físicos presentes não apenas nos textos de DC trabalhados nas atividades da seqüência de ensino, mas na integralidade da seqüência. À primeira vista poderíamos dizer que este fato não incorre em mudanças, mas sim em permanências, visto que as interações discursivas nas salas de aulas de

Ciências são povoadas por entidades físicas abstratas, como cita Mortimer et al (1998) referindo-se a um estudo realizado por Scott (1997:127). Porém, constatamos que na construção dos significados das entidades físicas, a forma como os alunos falam sobre elas, comparando-as e a seguir, definindo-as, configura-se como um passo dado no sentido de passar a abordá-las como protagonistas nas descrições de fenômenos físicos. Esse movimento sinaliza mudança. Inicialmente os alunos se referem às entidades físicas como objetos sobre os quais eles devem pensar e, a seguir eles se referem às entidades físicas como objetos com os quais eles devem pensar, entender e compor as descrições de fenômenos físicos.

Relacionado a isso, observamos um movimento diferenciado na forma de abordagem dos fenômenos físicos de uma para outra atividade. Na 1ª atividade os fenômenos físicos são definidos, enquanto na 2ª atividade eles são descritos em termos da interação entre radiação e matéria. Esta nova maneira de abordar os fenômenos físicos indica um olhar mais complexo e profundo sobre os fenômenos físicos. A escrita do aluno passa a focalizar os fenômenos físicos sob a perspectiva de entender o que se passa no nível da interação entre a radiação e a matéria. Isso implica uma ampliação no universo semântico vindo a gerar a construção de significados mais abrangentes e abstratos. Em outras palavras, os fenômenos físicos passam a objetos de trocas discursivas nas respostas dos alunos com o objetivo de entender as limitações e abrangência das diferentes teorias científicas abordadas nos textos de DC trabalhados na sequência de ensino.

As limitações e abrangência das teorias, discutidas nos textos de DC das duas atividades, foram progressivamente sendo aceitas. As respostas dos alunos na 1ª atividade apresentaram questionamentos sobre qual teoria é mais abrangente e mais correta para explicar a natureza da radiação e matéria. Nesta atividade os alunos demonstraram expectativa quanto à existência de uma só teoria para explicar os fenômenos relacionados à luz e à matéria. Na 2ª atividade ocorreu uma inversão em relação a essa expectativa. Os alunos passaram a admitir a existência concomitante de mais de uma teoria para explicar determinados fenômenos. Essa mudança significa uma progressiva aceitação da dualidade onda-partícula para a radiação e matéria.

Contudo, embora em número reduzido, persistiram algumas respostas cuja expectativa é a de existir uma só teoria para explicar a natureza da radiação e matéria. Essa permanência nos remeteu às várias unificações realizadas na História da Ciência, em específico na História da Física. Dentre elas citamos a Síntese Newtoniana que estabeleceu a universalidade das leis da Mecânica; a do Eletromagnetismo, que unificou a Eletricidade e o Magnetismo e, mais tarde, a incorporação da Ótica a esta área. Ainda hoje, os cientistas buscam unificar a força de origem gravitacional e eletromagnética, ou seja, a Teoria Unificada, a qual Einstein dedicou grande parte de sua vida e, finalmente, a Teoria de Todas as Coisas (TOE) que busca unificar as forças da natureza. Há de se ressaltar que o livro didático adotado na escola aborda o assunto da unificação das teorias físicas em um tópico especial (Máximo & Alvarenga, 2000, v.3, p.326). Considerando

que, nas aulas de Física, o aluno lê praticamente o livro didático, esse resultado não é inusitado.

A paráfrase como indicador de maior frequência nas duas atividades significa que o aluno ainda utiliza os textos de DC como fonte de informações objetivas que podem ser escritas com outras palavras. O aluno escolhe certas palavras e idéias dos textos, desconsidera outras e, assim, ele escreve sua resposta. Acreditamos que a escolha do léxico pelo aluno é, na verdade, um indicador de como ele ajusta as idéias discutidas nos textos ao seu modo de pensar.

Há a permanência de atitude de uma para a outra atividade, porém, se pensarmos em termos do que o aluno escreve em aulas de Física percebemos que as atividades com os textos de DC possibilitaram mudanças. Geralmente, em aulas de Física, os alunos praticam o exercício de cópia: eles copiam o que o professor escreve no quadro e trechos do livro didático. É comum encontrarmos em nossas salas de aula alunos que apagam o problema por ele resolvido no caderno para copiar, do quadro, a resolução feita pelo professor.

Neste sentido, não apenas a escrita, mas também a fala do professor servem como modelo de referência para a escrita do aluno. O aluno anota o que o professor fala, palavra por palavra, vírgula por vírgula. Pede para repetir, insiste para ele escrever no quadro. Aí, o aluno copia. Esse é o tipo de interação mais freqüente do aluno com o texto do professor e com o texto do livro didático. Relacionado a isso, a oralidade dos alunos, segundo Tardelli & Azevedo

(1997:45), “sofre redução gradativa: a pluralidade de vozes dos alunos que emerge em sala de aula acaba por ser apagada pelos conteúdos preestabelecidos para o ensino e a aprendizagem”. Isso me faz lembrar uma tirinha do personagem de história em quadrinhos, Charlie Brown. Ela diz:

“Professora?! A senhora quer que a gente escreva aquilo que a gente pensa ou aquilo que a gente pensa que a senhora quer que a gente escreva?” (Folha de São Paulo, s/d)

No entanto, a seqüência de ensino elaborada mudou um pouco esse cenário e fez emergir outros indicadores. A paráfrase, como já mencionamos, é um deles. Outros, como a inferência, a leitura errada e a extrapolação surgiram. E até mesmo a cópia, ainda configurou em poucas respostas dos alunos. A retomada de elementos da memória pessoal configuram respostas de vários alunos. Elementos foram acrescentados aos trechos parafraseados dos textos de DC, complementando idéias e indagações. Respostas que apresentaram equívocos e extrapolaram o tema dos textos de DC foram poucas. Desse modo, consideramos que houve mudança na escrita dos alunos, acostumados a uma escrita do tipo reprodução.

Nossos resultados também apontam que os alunos realizam paráfrases a partir das diversas linguagens presentes na sala de aula.

Isso nos remete a intertextualidade, presente em muitas das respostas de alunos, principalmente na 2ª atividade. As citações, como um dos modos de entrada do

discurso do outro no nosso discurso; a fala do professor ao ser retomada pelo aluno no seu escrito e aí, fazendo parte das relações entre as idéias discutidas em sala de aula e nos textos de DC, constituem intertextualidades. A idéia de ondas de matéria (abordada no filme didático exibido para os alunos antes da atividade com os textos TD04 e TD05) como tema de perguntas de alunos constitui em retomada de outros “textos” e incorporação aos seus escritos.

Isso significa que a mediação de textos de DC na prática de leitura e escrita dos alunos proporcionou relações entre idéias discutidas em sala de aula, nos filmes didáticos e nos textos. Neste sentido, consideramos que a escrita dos alunos, nas duas atividades selecionadas, apresentou geração de sentidos e significados através das relações intertextuais realizadas.

As relações intertextuais nos revelaram elementos textuais e gramaticais de vários gêneros de discurso na escrita dos alunos. Nas duas atividades analisadas as respostas dos alunos se apresentaram como uma mistura dos gêneros de discurso científico, didático, cotidiano e da DC. A presença dos elementos textuais e gramaticais da DC é muito forte, resultando em uma escrita que expõe as indagações e os posicionamentos dos alunos em relação ao tema que está sendo abordado. Neste sentido, emerge uma nova escrita, diferente daquela que normalmente está presente na maioria das aulas de Física. Contudo, ainda permanecem algumas marcas características da escrita em sala de aula como a utilização de representações gráficas – setas, enumerações, operadores algébricos - para destacar e organizar as idéias e a escrita na forma de tópicos.

Soma-se a isso o fato dos alunos escreverem para o professor e para serem avaliados. Assim, a circulação de seus escritos resulta ser limitada e não tem a pretensão de abarcar um universo amplo de leitores, como os textos de DC se propõem.

Uma última consideração a ser feita refere-se ao número de respostas escritas pelos alunos às perguntas formuladas por eles mesmos na 2ª parte da 1ª atividade. Das 83 perguntas formuladas apenas 6 foram respondidas. Considerando que a maioria dessas perguntas aborda a natureza da radiação e outras, abordam a limitação apresentada pela Teoria Quântica ao explicar os fenômenos físicos da interferência e difração da luz e elétrons, não é de se estranhar essa disparidade entre perguntas e respostas. Primeiro, porque em se tratando da 1ª atividade os alunos apresentam muitas dúvidas sobre a natureza da radiação. E, segundo, porque as instruções na atividade os levam a formular perguntas que eles não precisam necessariamente saber responder. Isso resultou em perguntas que refletem, de maneira geral, dúvidas em relação às idéias discutidas nos textos. Encontramos também perguntas que questionam a ciência tendo em vista determinar seu alcance e seu valor objetivo. Questões desse tipo apresentam um caráter de fundo epistemológico, ou seja, os alunos lançam um olhar crítico sobre a ciência e o conhecimento científico. Posicionamentos e indagações dessa natureza foram oportunizados ao longo de toda a sequência de ensino.

De modo geral, a escrita do aluno nas duas atividades selecionadas revelou mudanças e permanências, sinal de que ela evoluiu. A evolução apresentou, em determinados momentos, indicadores de apropriação da linguagem científica como a progressiva tendência em abordar temas mais gerais e abstratos e de inseri-los em contextos cada vez mais complexos. Esse movimento de ampliação e abstração faz parte da própria conformação da sequência de ensino que inicia abordando entidades físicas e conceitos fundamentais e aos poucos amplia o espaço de aplicação desses conceitos e entidades para fenômenos, por sua vez, abarcam outras entidades e conceitos físicos mais abstratos. Desse modo, “espaços semânticos” cada vez mais amplos são circunscritos uns aos outros. E os alunos seguiram esse movimento. Em outros momentos, há indicadores de que certas coisas permanecem, como a escrita para o professor e o fazer preocupado com a avaliação.

4.2 - IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS

As questões produzidas pelos alunos, mediadas pela leitura dos textos de DC sobre o tema FMC, apresentaram, explícita ou implicitamente, alguns indicadores os quais classificamos como sendo de caráter subjetivo. Essas questões dizem respeito a aspectos relacionados com a produção do conhecimento científico, por exemplo, os pressupostos teóricos e a formulação de hipóteses pelas teorias científicas. Às vezes, de modo mais indireto, algumas das questões escritas pelos alunos abordavam uma perspectiva histórica do conhecimento científico, outras vezes, as teorias e leis científicas configuraram como objeto de conhecimento de

diferentes formas, como por exemplo, a provisoriedade das teorias científicas e de suas concepções, as divergências entre as teorias, a vinculação entre ciência e tecnologia, a vinculação entre teoria e dados experimentais entre outros.

Consideramos relevante que questões desse tipo tenham sido produzidas no espaço escolar visto que evidenciam um modo de pensar sobre a ciência. Neste sentido constatamos que a utilização dos textos de DC dá margens a grandes discussões sobre o aspecto social, político, econômico e cultural da produção humana do conhecimento científico. Acrescente-se a isso outros fatores como o de permitir ao aluno aumentar o seu nível de consciência e, portanto, subsidiar a reflexão crítica relativa aos problemas científicos, sociais, tecnológicos e ambientais; aumentar os seus horizontes culturais e, conseqüentemente deixar de encarar a Física de forma fragmentada.

Desse modo, percebemos que a mediação de textos de DC na prática de leitura e escrita dos alunos engendra e anuncia sentidos nem sempre compartilhados. Cabe ao professor estar atento a esse movimento que aflora na escrita dos alunos e, na medida do possível, aprofundar essas questões e compartilhar saberes.

A escrita dos alunos alertou-nos quanto à utilização das metáforas e analogias. Sabemos que tanto o gênero do discurso científico, quanto o da divulgação científica e do cotidiano utilizam metáforas e analogias ao se referirem às entidades e conceitos abstratos.

Contudo, cabe a nós professores, clarificar para nossos alunos a abrangência e as limitações de uma metáfora e de uma analogia. Isso se justifica porque muitas vezes nossos alunos acabam por utilizá-las incorretamente ou até mesmo elas terminam por construir significados distorcidos sobre entidades e conceitos físicos. É o caso de alguns alunos que ao se posicionarem em relação às teorias ondulatória e quântica, no que diz respeito à natureza da radiação e matéria, sugerem a criação de um objeto teórico e abstrato: “uma partícula de ondinha”. Tendo em vista que os textos de DC trabalhados nas atividades da sequência de ensino utilizam metáforas do tipo “grãos de energia”, “corpúsculos de luz” ao se referirem à entidade física “fótons”, esse tipo de sugestão não é inusitada. Parece-nos que os alunos tentam, de certa forma, uma conciliação ou unificação das concepções de cada uma das teorias, baseados na maneira como os próprios autores dos textos de DC se referem a essa entidade. Como consequência, os alunos “criam” uma imagem e constroem um significado distorcido para tal entidade, com o objetivo de entendê-la. Por isso, é nossa responsabilidade, enquanto professores, estarmos atentos a esses tipos de ocorrências.

Por fim, acreditamos que a utilização de textos de DC em aulas de Física não é apenas mais uma estratégia para se ensinar os conteúdos tradicionais. É muito mais do que isso. Pensamos que é uma maneira de aprender, desde os conteúdos tradicionais até conceitos que não são normalmente estudados na escola. A partir deles pudemos perceber que a sala de aula é um ambiente propício para um bom aproveitamento desses textos, visto que eles desencadeiam múltiplas interações, possibilitam a ampliação do vocabulário a partir do uso de

novas palavras dentro de uma perspectiva científica, oportuniza a discussão dos meios e métodos de produção da ciência, situação que contribui para uma aproximação com o fazer da ciência. Atividades mediadas com textos de DC apontam ainda para mudanças em nossas práticas, seja porque consideramos que os alunos encontrarão dificuldades ao lerem os textos, seja porque ainda estamos muito presos ao livro didático e resolução de problemas. Acreditamos que a realização desse tipo de atividade serve como ponto de partida para que nossos alunos passem a realizar leituras e questionamentos mais profundos acerca da ciência.

“Bom leitor, o estudante continuará mais tarde, já fora da escola, a buscar informações necessárias à vida de um cidadão, a checar notícias, a estudar, a se aprofundar em um tema, ou, simplesmente, a se dedicar à leitura pelo prazer de ler.” (Ricon & Almeida, 1991)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Maria José P. M. de & SILVA, Henrique César da. *Textos e imagens: discurso e conhecimento escolar em aulas de Física*, In: MORTINER, E.F et al. (orgs). II Encontro Internacional Linguagem Cultura e Cognição: reflexões para o ensino, UFMG (cd-rom), julho 2003.

ALMEIDA, Maria José P. M. *Condições de produção da leitura em aulas de física no ensino médio: um estudo de caso*. In: SILVA, H.C. e ALMEIDA, M.J.P.M. (orgs.), *Linguagens, leituras e ensino da ciência*. Campinas (SP): Editora Mercado das Letras, 1998.

ALMEIDA, Maria José P. M. & QUEIROZ, Elizabeth C. L. Divulgação científica e conhecimento escolar: um ensaio com alunos adultos. In: *Cadernos CEDES*, v. 18, n. 41, p. 62-68, 1997.

ALMEIDA, Maria José P. M. & RICON, Alan Esteves. Divulgação científica e texto literário: uma perspectiva cultural em aulas de Física, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 10, n. 1, p. 7-13, 1993.

ALMEIDA, Maria José. P. M. de & RICON, Alan E. *Ensino da Física e Leitura*, *Leitura: Teoria e Prática*, v. 10, n. 18, p. 7-16, 1991.

ALVETTI, Marco Antonio Simas. *Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência Hoje*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis SC: UFSC/ FaE, 1999.

ARRUDA, Sérgio M. & VILLANI, Alberto. Sobre as origens da relatividade especial: relações entre quanta e relatividade em 1905, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 1, p. 32-47, 1996.

AUTH, Milton A. & ANGOTTI, José André P. *O processo de ensino-aprendizagem com aporte do desenvolvimento histórico de universais: a temática das combustões*. In: PIETROCOLA, Maurício (org.). *Ensino de Física – conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

AUTHIER-REVUZ, Jacqueline. *A encenação da comunicação no discurso de divulgação científica*. In: AUTHIER-REVUZ, Jacqueline, *Palavras Incertas: as não coincidências do dizer*, Campinas: Editora da Unicamp, p. 107-131, 1998.

BAKHTIN, Mikhail (Volochnikov). *Marxismo e filosofia da linguagem*. São Paulo: Editora Hucitec Annablume, 9ª edição, 2002.

BARROS, Suzana de Souza. *Educação formal versus educação informal: desafios da alfabetização científica*. In: SILVA, H.C. e ALMEIDA, M.J.P.M. *Linguagens, leituras e ensino da ciência*. Campinas (SP): Editora Mercado das Letras, 1998.

BONATELLI, Ivanhoé R. M. & CITELLI, Beatriz H. M. *A escrita na sala de aula: vivências e possibilidades*. In: CHIAPPINI, L. (coord. Geral). *Aprender e ensinar com textos*. v. 1, p. 119-173, 1997.

BRAGA, Selma A. de M. *O texto de biologia do livro didático de ciências*. Tese de Doutorado, Belo Horizonte: UFMG/FaE, 2003.

BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Brasília, Governo Federal, 1996.

_____. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino médio)*, Bases Legais (1), Ministério da Educação, Governo Federal, Brasília (DF), 1999.

_____. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino médio)*, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (3), Ministério da Educação, Governo Federal, Brasília (DF), 1999.

CALVINO, Ítalo. *Seis propostas para o próximo milênio*. São Paulo: Companhia das Letras, 2ª edição, 1998.

CARBONARI, Rosemeire & SILVA, Ana Claudia. *Cópia e leitura oral: estratégias para ensinar?* In: CHIAPPINI, L. (coord. Geral). *Aprender e ensinar com textos didáticos e paradidáticos*. v. 2, p. 95-116, 1997.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de & LOCATELLI, Rogério José. *Inovações e tendências do ensino de Física na virada do milênio*, In: NILSON, M. (mimeo) XV SNEF, 2003.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de & OLIVEIRA, Carla M. Alvarenga de. *O conhecimento físico e a linguagem*, In: NILSON, M. (mimeo) XV SNEF, 2003.

CARVALHO JÚNIOR, Gabriel D. As concepções de Ensino de Física e a construção da cidadania, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 1, p. 53-66, 2002.

COSTA, Isa; ALMEIDA, Lúcia da Cruz de & SANTOS, Marly da Silva. *Física Moderna e Contemporânea no 2º Grau*, Atas do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Belo Horizonte MG, p. 227-230, 1997.

CHIAPPINI, L. *Aprender e ensinar com textos*. (coordenação geral) e João Wanderlei Geraldi, Beatriz Citelli.(coord.) *Aprender e ensinar com textos de alunos*, volume V. 1 Helena Nagamine Brandão, Garaciaba Micheletti, (coord). *Aprender e ensinar com textos didáticos e paradidáticos*, volume V. 2. São Paulo: Cortez, 1997.

CHIAPPINI, L. *Gêneros do discurso na escola: mito, conto, cordel, discurso político, divulgação científica*. In: BRANDÃO, Helena Nagamine (coord.). *Aprender e ensinar com textos*, V. 5, São Paulo: Cortez, 2000.

ERAS, Edilene. *As condições de leitura e de produção de respostas em atividades de interpretação de textos na sala de aula*. Dissertação de Mestrado, Belo Horizonte: UFMG/FaE, 2000.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Dicionário da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1993.

GABANA, Marciela; LUNARDI, Graziela & TERRAZZAN, Eduardo A. *Textos de divulgação científica: avaliando uma estratégia didática para o ensino médio*, mimeo. XV SNEF, 2003.

GASPAR, Alberto. *Museus e Centros de Ciências – Conceituação e proposta de um referencial teórico*. Tese de Doutorado – FE – USP, São Paulo, 173p., 1998.

HALLIDAY, M.A.K. *Some Grammatical in Scientific English*. In: HALLIDAY, M.A.K. & MARTIN, J.R. *Writing Science: Literacy and Discursive Power*, Pittsburgh, Pa: University of Pittsburgh Press, 1993.

JESUS, Conceição Aparecida de. *Reescrevendo o texto: a higienização da escrita*. In: *Aprender e ensinar com textos dos alunos*, CHIAPPINI, L. (coord. geral) v. 1, p. 99-117, 1997.

KOCH, Ingedore Villaça. *O texto e a construção dos sentidos*. São Paulo: Editora Contexto, 2003.

KREINZ, Glória. *Teoria e prática da divulgação científica*. In: KREINZ, G. e PAVAN, R. *Os donos da paisagem - Estudos sobre divulgação científica*. São Paulo: Núcleo José Reis de Divulgação Científica da ECA/USP, 2000.

LEIBRUDER, Ana Paula. *O discurso de divulgação científica*. In: *Aprender e ensinar com textos*, CHIAPPINI, L. (coord. geral), v. 5, p. 247-253, 2000.

MARCUSCHI, Luiz Antonio. *Exercícios de compreensão ou cópia nos manuais de ensino de língua? Em Aberto*, Brasília: INEP, ano 16, n. 69, jan/mar, p. 64-82, 1996.

MARTINS, Isabel. *Explicações, ciências e sala de aula*. In: Textos de palestras e sessões temáticas, ALMEIDA M.J.P. & SILVA, H. (org.). Atas III Encontro Linguagens, Leituras e Ensino da Ciências. 109-114, 1999.

MARTINS, Isabel R. & VILLANI, Carlos Eduardo P. *Onda ou partícula: argumentação e retórica na aprendizagem da natureza da luz*. In: ABIB, M.L.S.; BORGES, A.T.; SOUSA, G.G.; OLIVEIRA, M.P.; Atas do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Cd-rom. Florianópolis SC: SBF, 2000.

MARTINS, Roberto de Andrade. Como distorcer a Física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica 1 – Física Moderna, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 15, n. 3, p. 243-264, 1998.

MARTINS, Roberto de Andrade. Como distorcer a Física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica 2 – Física Moderna, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 15, n. 3, p. 265-300, 1998.

MATTOS, Rodrigo Alves de, SILVA, Dirceu da & BARROS FILHO, Jomar. *Estudo do uso de texto sobre a História da Eletricidade para cursos de Física*, mimeo. XV SNEF, 2003.

MELO, Wolney C. & HOSOUKE, Yassuko. *O jornal em sala de aula: uma proposta de utilização*, mimeo. XV SNEF, 2003.

MONTEIRO, Isabel Cristina de C., MONTEIRO, Marco Aurélio A. & GASPAR, Alberto. *Atividade de leitura de divulgação científica em aulas de Física*. In. MORTIMER, et al.

(org.) II Encontro Internacional Linguagem Cultura e Cognição: reflexões para o ensino, UFMG (cd-rom), julho 2003.

MORTIMER, Eduardo Fleury & SCOTT, Phil. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, 2002.

MORTIMER, Eduardo Fleury. *Microgenetic analysis and the dynamic of explanations in Science Classroom*. Paper presented at the III Conference for Sociocultural Research. Campinas, Brasil, julho, 16-20, 2000.

MORTIMER, Eduardo Fleury; CHAGAS, Alexander Nilson & ALVARENGA, Vera Tamberi. Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas dos vestibulandos, *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 3, n. 1, 1998.

NASCIMENTO, Silvania Sousa do. *Essai d'objectivation de la pratique des associations de culture scientifique et technique française*. Tese de Doutorado. Universidade Pierre et Marie Curie: Paris 6, 1999.

ORLANDI, Eni Pulcinelli. *Discurso e leitura*. Campinas (SP): Editora Cortez, 5ª Edição, 2000.

OSTERMANN, Fernanda & MOREIRA, Marco Antonio. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 18, n. 2, p. 135-151, 2001.

PAULINO, Graça; WALTY, Ivete & CURY, Maria Zilda. *Intertextualidades: teoria e prática*. Belo Horizonte: Editora Lê, 1995.

RABONI, Paulo César de Almeida. Textos no ensino de Física do 2º grau: um relato, *Cadernos CEDES*, n. 41, p. 87-90, 1997.

RICON, Alan Esteves & ALMEIDA, Maria José P. M. Ensino da Física e Leitura, *Leitura: Teoria e Prática*, v. 10, n. 18, p. 7-16, 1991.

ROBILOTTA, Manoel Roberto. O cinza, o branco e o preto – da relevância da história da ciência no ensino de Física, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* (número especial), p. 7-22, 1988.

SILVA, Henrique César da. O uso de textos e representações do professor de Física, *Cadernos CEDES*, n. 41, p. 69-78, 1997.

SILVA, Henrique César da & ALMEIDA, Maria José P. M. *Como, quando e o que se lê em aulas de Física no Ensino médio*, Atas do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Belo Horizonte MG, p. 352-356, 1997.

SILVA, Henrique César da & ALMEIDA, Maria José P. M. *O texto escrito na educação em física: enfoque na divulgação científica*. In: SILVA e ALMEIDA, Linguagens, leituras e ensino da ciência. Campinas (SP): Editora Mercado das Letras, 1998.

SILVA, José Alves da & KAWAMURA, Maria Regina Dubeux. A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 18 (3), p. 317-340, 2001.

SOUSA, Guaciara Gouvêa de. *O uso de jornais e revistas de divulgação científica no ensino de ciências*, Atas do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Belo Horizonte MG, p. 121-126, 1997.

TARDELLI, Marlete C. & AZEVEDO, Claudinéia B. *Escrevendo e falando na sala de aula*. In: CHIAPPINI, L. (coord.geral). *Aprender e ensinar com textos*. v. 1, p. 25-48, 1997.

TEIXEIRA, Elisa Duarte. *Sobre o que se escreve na escola*. In: CHIAPPINI, L. (coord.geral). *Aprender e ensinar com textos*, v. 1, p. 49-74, 1997.

TERRAZZAN, Eduardo A. *O potencial didático dos textos de divulgação científica: um exemplo em Física*. In: Textos de palestras e sessões temáticas. In: ALMEIDA & SILVA (org.), atas III Encontro Linguagens, Leituras e Ensino da Ciência, p. 31-42, 1999.

VILLANI, Carlos Eduardo Porto. *As práticas discursivas argumentativas de alunos do ensino médio no laboratório didático de Física*. Dissertação de Mestrado, Belo Horizonte: UFMG/FaE, 2002.

VYGOTSKY, Lev Semenovitch. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2ª Edição, 1999.

ZAMBONI, Lílian Márcia Simões. *Heterogeneidade e subjetividade no discurso da divulgação científica*. Tese de Doutorado. Campinas: Unicamp/IEL, 1997.

ZANETIC, João. *Física e literatura: uma possível integração no ensino*. In: *Cadernos CEDES*, v. 18, n. 41, p. 46-61, 1997.

ZANETIC, João. *Literatura e cultura científica*. In: SILVA e ALMEIDA (Orgs), *Linguagens, leituras e ensino da ciência*. Campinas (SP): Editora Mercado das Letras, 1998.

ZANETIC, João & PINTO, A. Custódio. É possível levar a Física Quântica para o ensino médio? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.16, n. 1, p. 7-34, 1999.

ANEXOS

Anexo 1	Material do aluno	01
Anexo 2	Roteiros das atividades com os textos de DC	25
Anexo 3	Propostas de seqüências de ensino e seqüência do professor	30
Anexo 4	Questionário	35
Anexo 5	Quadro comparativo	36
Anexo 6	Anotações no caderno de campo	38
Anexo 7	Texto de DC TD01	39
Anexo 8	Texto de DC TD02	42
Anexo 9	Notas de aula distribuída pelo professor	46
Anexo 10	Texto de DC TD03	47
Anexo 11	Texto de DC TD04	64
Anexo 12	Texto de DC TD05	73
Anexo 13	Roteiro da atividade com o filme FC01	82
Anexo 14	Texto distribuído pelo professor na última aula da seqüência de ensino	83
Anexo 15	Sinopse dos textos de DC TD01, TD04 e TD05	84
Anexo 16	TABELA F	87
Anexo 17	TABELA G	89
Anexo 18	TABELAS F1, F2, F3 e F4	91
Anexo 19	TABELAS 1, 2, 3 e 4 para a atividade com o texto TD01..	99
Anexo 20	TABELAS 1, 2, 3 e 4 para a atividade com os textos TD04 e TD05	104